العالم.. و ألبريت أينشتاين

تأليف

لنكولن بارنت

ترجمة

محمد عاطف البرقوقي

الكتاب: العالم.. و ألبريت أينشتاين

الكاتب: لنكولن بارنت

ترجمة: محمد عاطف البرقوقي

الطبعة: ٢٠٢١

الطبعة الأولى: ١٩٥٥

الناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)

٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم – الجيزة

جمهورية مصر العربية

هاتف: ٣٥٨٢٥٢٩٣ _ ٣٥٨٦٧٥٧٦ _ ٣٥٨٦٧٥٧٥

فاكس: ٣٥٨٧٨٣٧٣

http://www. bookapa.com **E-mail:** info@bookapa.com

دار الكتب المصرية

فهرسة أثناء النشر

بارنت، لنكولن

العالم.. و ألبريت أينشتاين / لنكولن بارنت، ترجمة: محمد عاطف البرقوقي

– الجيزة – وكالة الصحافة العربية.

١٢٩ ص، ١٨*٢١ سم.

الترقيم الدولي: ٤ – ١٩٨ – ٩٩١ – ٩٧٧ – ٩٧٨

أ – العنوان　　　　　رقم الإيداع: ٨٥٧٧ / ٢٠٢١

العالم.. و ألبريت أينشتاين

وكالة الصحافة العربية
«ناشرون»

مقدمة

كل من حاول تبسيط الموضوعات العلمية يدرك مدى الصعاب التي تعترضه في أداء هذه المهمة، فهو إما أن ينجح في إخفاء لب الموضوع. ولا يقدم للقارئ إلا بعض صورة السطحية وتلميحات وإشارات غامضة. وبذلك خدع القارى إذ يوهمه أنه أعطاه فكرة صحيحة عن الموضوع. وإما أن يشرح الموضوع بطريقة المختص الضليع. وفي هذه الحالة لا يستطيع القارئ العادي مواصلة القراءة.

وإذا استبعدنا هاتين الطريقتين من أدب تبسيط العلوم العامة فمن العجيب حقا أن لا يبقى إلا القليل، ولكن هذا القليل المتبقي ثمين للغاية، فإنه من الأهمية بمكان أن يقف الجمهور على جهود العلماء في بحوثهم العلمية وما وصلوا إليه من نتائج ومخترعات. ولا يكفي أن يهتم المختصون القليلون بنتائج حوتهم وتطبيقها. فإن قصر المعلومات على عدد قليل ميت روح الشعب الفلسفية. ويؤدي إلى الفقر الروحى.

ويعد هذا الكتاب مساهمة طيبة في ميدان تبسيط العلوم، فقد وفق المؤلف في شرح الأفكار الأساسية في نظرية النسبية. كما أنه أجاد في استعراض المعلومات الحديثة في علم الطبيعة. وقد أوضح المؤلف كيف

أن تقدم المعرفة ونموها وجهود العلماء للوصول إلى نظرية موحدة للحقائق التجريبية قد أدت جميع إلى الوضع الحالي الذي يتميز بالشك وعدم التأكد من النظريات الأساسية.

ألبريت أينشتاين

برنستون – نيوجرسى

١٠ سبتمبر سنة ١٩٤٨

مقدمة المترجم

تألق نجم ألبرت أينشتاين في سماء العلوم، وارتفع إلى أبعد الآفاق في القرن العشرين، وقل من علماء هذا القرن من هو معروف بين الناس مثل أينشتاين، وهذا على الرغم من أنه معروف بين العلماء بصعوبة نظرياته، وعمق آرائه، وإذا كان أجل أينشتاين قد هوى الآن – مايو سنة ١٩٥٥ – فإن نوره لن يخبو، بل سيبقى ساطعاً مشعاً تستنير به الأنفس، وتستضيء به العقول، وذلك لأنه إذا كان بعض النجوم تصلنا أشعتها في أربع سنوات، فهناك نجوم تصل إلى الأرض في نحو ٥٠٠ مليون سنة...، وأن ما يصلنا من أشعة هذا النجم إلى الأرض، إنما بدأ رحلته منذ هذا التاريخ، فإذا هوى نجم أينشتاين الآن، فإن أشعته وآراءه النيرة سوف تملأ الفضاء ملايين السنوات من بعد الآن...

مات أينشتاين فكان لوفاته دوي كبير، لا في الأوساط العلمية فحسب، بل اهتمت به الصحافة اليومية والأسبوعية، بل والمجالات ومحطات الإذاعة اللاسلكية، ونشرت صوره وحللت آراءه ونظرياته، مما يدل على اهتمام العالم أجمع هذا العالم الفذ النابغة، الذي حير الناس والعلماء في القرن العشرين، بأعمق النظريات، وكان أساتذتنا في أكبر جامعات أوروبا يقولون عنها في الربع الأول من هذا القرن العشرين إنه لا يفهمها إلا عشرة علماء في العالم أجمع، وإذا بهذه النظريات تؤدى إلى

اختراع القنبلة الذرية، وبدأ معها عصر جديد، عصر الذرة، والاستفادة من طاقتها الهائلة التي تفوق طاقة الفحم والبخار ملايين المرات، وفتحت للعلماء مجالات جديدة، من ميادين الفكر والفلسفة والعلوم والصناعات.

آراؤه ونظرياته

لا شك في أن علم الطبيعة قد أحرز تقدما عظيما في القرن العشرين من اختراع اللاسلكي والتلفزيون وبحوث جديدة عن طبيعة الضوء، أهو موجات أم هو جزيئات مادية، ومن بحوث في الذرة وتركيبها، كل هذه البحوث أدت بالعلماء إلى مشاكل وصعوبات حيرت العلماء في تفسير بعض هذه النظريات، وأدى إلى صعوبات في التوفيق بين النظريات والمشاهدات التجريبية، وهنا ظهر البطل الكبير ألبرت أينشتاين، وقدم حالا لهذه المشاكل عدة نظريات وآراء قيمة، ودت هذه الآراء أول الأمر غريبة عجيبة، بل غير مصدقة، ثم ظهرت قيمتها العملية فيما بعد، وأثبتت تجارب العلماء صحتها وأهميتها، ومن أهم نظرياته نظرية النسبية الخاصة، والنسبية العامة، ونظرية تكافؤ الكتلة والعلاقة، وتكافؤ المادة والمحال، وأن الجاذبية ليست قوة بل مجال، وأن المجالات المختلفة مثل مجال الكهرباء والمغناطيسية ومجالات الضوء والحرارة ومجال الكتلة كلها مجال موحد من نوع واحد.

وبدت هذه النظرية غريبة أول الأمر، لأن الناس كانوا يتساءلون كيف أن العقل يدرك أن كتلة الجسم تزداد كلما زادت سرعة هذا الحسم، وأن أطوال الأشياء تختلف حسب حركتها، فالمسطرة إذا

تحركت انكمشت، وهل كان يمكن فهم أن المادة والطاقة شيء واحد... وهل كان يمكن فهم أن للضوء وزناً... أو للحرارة وزناً... هذه بعض نتائج آراء آينشتاين، وقد أوجد العلاقة بين الكتلة والطاقة، التي هي أساس القنبلة الذرية، وأثبت العلماء تجاذب أشعة الضوء نمو كتلة الشمس كما لو كان الضوء كتلة... وهذا ما يحمله علماء الفلك عند كسوف الشمس، فيذهبون إلى السودان أو إلى سيلان التصوير أشعة الشمس عند كسوفها لإثبات نظريات أينشتاين وتحققوا من صحتها.

النسبية:

والواقع أن كل شيء في هذه الحياة نسبي، فالحال نسبي وذلك بما يقصده المثل الشهير «القرد في عين أمه غزال...» أو ما يقصده الشاعر عندما يقول «والناس فيما يعشقون مذاهب».

والثروة نسبية.. فالجوهرة وسط الصحراء لا تساوي شيئاً لواجدها في حين أن جرعة الماء عنده تساوي كل شيء وإذا قلنا إن متوسط دخل الفرد في أمريكا أضعاف دخل الفرد في مصر، فإن ما يعتبر ثروة كبيرة في مصر يعتبر ثروة متوسطة في أمريكا، فكأن الثروة تختلف باختلاف المكان والزمان... والتبسيط شيء نسي... فإذا قلنا إن مؤلف هذا الكتاب الأمريكى بسط المعلومات القراء اللغة الإنجليزية، فإنه لقراء اللغة العربية قد يعتبر معقدة – لا مبسطة – ولذلك رأيت تقديم هذا الكتاب لقراء العربية رغبة في زيادة التبسيط.

يقول أينشتاين"إن الزمن والكتلة والمسافة كلها أشياء نسبية... وهذا هو أساس نظرية النسبية الخاصة"، سئل أينشتاين نفسه مرة عن نسبية الزمن فقالها في مثال ظريف: إن الإنسان إذا قضى سماعة في جو هادئ مريح لبدت الساعة دقائق... وإذا قضاها فوق الجدار لبدت الدقائق ساعات.. وكذلك بالمثل فإن الزمن على كوكب الأرض غير الزمن على كوكب آخر، فإذا كان المريخ يدور حول الشمس في ٨٨ يوماً، فإن السنة هناك أقصر من السنة على الأرض، وإذا كان هذا الكوكب نفسه وهو المريخ يدور حول نفسه في ٨٨ يوماً، فإن اليوم هناك يساوي بسنة.. وإذا كنت راكبا سفينة فلا تستطيع تحديد موضعاك إلا بالنسبة إلى ساري السفينة أو مدخنتها مثلا.. ولكن السفينة نفسها متحركة، فإذن ليس هناك مكان مطلق، بل إن كل مكان نسبي، والإنسان على الأرض مكانه نسبي أيضا، لأنه هو والأرض متحركان في الفضاء.

حياة أينشتاين:

هذا العالم الفذ، الذي غير كثيرة من معتقدات علماء القرن العشرين، جدير بأن يشار إلى تاريخ حياته، تخليدا لذكراه، وتبسيطاً لآرائه.

ولد ألبرت أينشتاين في مدينة أولم **ulm**، بألمانيا سنة ١٨٧٩، والتحق بالمدرسة الابتدائية في ميونيخ، وواصل دراسته الثانوية بها حتى سن السادسة عشرة، وخلال هذه الدراسة انتقل والداه إلى ميلانو بإيطاليا، ثم إلى سويسرا، وتابع الدراسة الثانوية فيها، ثم التحق بمدرسة

الفنون العليا زيورخ سنة ١٨٩٦، وتخصص في الطبيعة والرياضة حتى تخرج سنة ١٩٠٠.

واشتغل بالتدريس الخاص عدة سنوات، ثم عمل مهندس بسويسرا سنة ١٩٠٢، ثم عمل ممتحنا في مكتب تسجيل المخترعات في مدينة برن حتى سيئة ١٩٠٥ عندما أعلن نظريته النسبية الخاصة وهو في سن السادسة والعشرين، ثم شغل وظيفة أستاذ بجامعات زيورخ و براغ وبوهيميا، ثم عين أستاذة بالأكاديمية البروسية، وخلال هذه الفترة أعلن النظرية النسبية العامة التي فسر بها الجاذبية على أنها ليست قوة، بل إنها نوع من المجال، وكل جسم مادي وجرم سماوي لابد أن يكون مجالا حوله، كالسكة التي تشير مياه البحر حولها، و بذلك فسر حركة الكواكب والنجوم على أنها مضطرة أن تسلك المسالك التي تحددها الخواص القياسية للقضاء.

وقد حاضر أينشتاين في جامعة برلين، ثم أصبح مديرة المعهد القيصر وظلم و أجرى بحوثا على الطبيعة، وظل في برلين حتى إعلان الحرب العالمية الثانية في سبتمبر سنة ١٩٣٩، وأعلن هتلر الحرب على اليهود في ألمانيا، فهاجر أينشتاين من ألمانيا، ودعته الولايات المتحدة للإقامة بها، وكانت قوة أينشتاين، وعقليته النفاذة هي التي أوحت إلى الرئيس روزفلت فكرة القنبلة الذرية، وكان أن نجحت فكرته، وألقيت أول قنبلتين ذريتين على اليابان في سنة ١٩٤٥، فأذهلتا العالم بتلك الطاقة

الجديدة الهائلة، وذاع صيت آينشتاين فوق ذيوع شهرته، وظل في الولايات المتحدة حتى توفي، وأوصى بمخه للبحوث العلمية، وهكذا كان أينشتاين جديرة بالدراسة حيا وميتا، فإلى الأمام أيها العلماء، وإلى الأمام يا مصر في ميدان العلم الحديث، والقوة العلمية الهائلة، في عصر الثورة البيضاء، ورجالها الأحرار الأبرار، والله ولي التوفيق.

محمد عاطف البرقوقي

الإسكندرية في ٢٨ يونية سنة ١٩٥٥

ذكرى على الجدران البيضاء

في إحدى كنائس نيويورك نقشت على الجدران البيضاء تماثيل ستمائة رجل عظيم من عظماء التاريخ من فلاسفة وقديسين وملوك.. صور باقية على مر الزمن مصنوعة من الحجارة تنظر إلى الفضاء والزمن. بعيون محملقة لا تطرف. وفي أحد أركان هذا الحائط نجد صورة قادة العلوم وعددهم أربعة عشر مبتدئين من أبيوقراط الذي مات في نحو سنة ٣٧٠ ق. م. ومنتهين بألبرت أينشتاين الذي كان يبلغ من السبعين من العمر سنة **١٩٤٩** وإنه لمما يلفت النظر أن أينشتاين كان العالم الحي الوحيد الذي نقش له تمثال بين فطاحل علماء التاريخ في هذا السجل التصويرى.

وإنه لمما يدعو إلى الملاحظة أيضا أن أغلبية رواد هذه الكنيسة يدركون سبب اختيار أينشتاين لوضع صورته بين الخالدين، ذلك لأن مؤسسي هذه الكنيسة كتبوا إلى قادة العلماء يسألونهم اختيار أعظم أربعة عشر عالمة في تاريخ العالم. ومع أن كشوف الاختيار قد تباينت فإن أغلبهم قد اختار أرشميدس، أقليدس، غاليليو، نيوتن، ولكنهم اختاروا أينشتاين بالإجماع.

وقد أعلن أينشتاين مدينة **١٩٠٥** نظرية "النسبية الخاصة" والحق أن الحقبة التاريخية الواقعة بين الملاك السنة والوقت الحالي تعتبر مقياساً لتقدم التربية في أمريكا. إذ بدأ نجم أينشتاين يلمع في سماء

المعرفة منذ تلك السنة. وبدأ الناس يتفهمونه تدريجا. ووصل الحال اليوم إلى درجة أن معظم قراء الصحف يعلمون أن لأينشتاين صلة بالقنبلة الذرية. كما أن اسمه رمز النظريات العويصة. ولو أن نظرياته تعتبر جزءا في جسم العلوم الحديثة، إلا أنها لم تصل بعد إلى درجة إدخالها في المناهج الحديثة. فلا عجب بها، ذلك أن نجد كثيرة من خريجي الجامعات لا يعلمون عن أينشتاين إلا أنه رياضي بارع يحلق في سماء الخيال.. ولعلهم لا يعلمون عنه أنه مكتشف بعض القوانين الخاصة بالكون. وإن لهذه القوانين أهمية بالغة في تاريخ جهاد العلماء في ميدان معرفة الحقائق الطبيعية. ولا يعلم الجامعيون أيضا أن النسبية مع ما لها من أهمية علمية تعتبر نظام فلسفيا يشع وينشر آراء علماء الكون مثل لوك وبركلى وهيوم ومن أجل ذلك فإنه يعلم القليل عن الكون الفسيح المنظم الذي يعيش فيه.

كان دكتور أينشتاين في أواخر حياته أستاذا متقاعدا شغوفا بالدراسات العليا في جامعة برينستون. وكان دائب التفكير في بحث موضوع ظل يشغل باله ما يزيد على ربع قرن وقارب الوصول فيه إلى نتيجة. وهذا الموضوع هو نظرية «المجال الموحد» تلك النظرية التي تضع معادلات مسلسلة متصلة في القوانين الطبيعية بالجاذبية والمغنطيسة الكهربية. ويمكن إدراك أهمية هذا العمل إذا علمنا أن كل الظواهر الطبيعية إنما ترتد إلى هاتين القوتين الأساسيتين، فمنذ مائة عام

كانت المغناطيسية والكهربية معتبرتين كأنهما شيئان منفصلان. ولو أن دراستهما بدأت منذ عهد الإغريق. ولكن تجارب أورستد الدانمركي وفاراداي الإنجليزي في القرن التاسع عشر أثبتت أن للتيار الكهربي تأثيراً مغنطيسيا. وبالعكس أيضا فإن القوى المغناطيسية يمكن أن تولد تيار كهربيا على أساس شروط خاصة وتوصل العلماء من هذه التجارب إلى اختراع اللاسلكي وكشف المجال الكهرطيسي[1] الذي تنتشر فيه خلال الفضاء موجات الضوء وموجات اللاسلكي وكل الموجات الكهرطيسية.

وعلى هذا الأساس فإنه يمكن اعتبار أن المغناطيسية والكهرباء قوة واحدة. وإذا تركنا قوة الجاذبية وتحيناها جانباً.

فإنه يمكن اعتبار القوى الأخرى المعروفة في الكون من نوع القوة الكهرطيسية. أي أن قوة الاحتكاك والقوة الكيماوية التي تربط الذرات بعضها إلى بعض في الجزيئات. وقوة التماسك التي تربط جزيئات المادة. وقوة المرونة التي تسبب إبقاء الأجسام على أشكالها الأصلية. كل هذه القوي من نوع واحد مثل القوة الكهرطيسية، وذلك لأنها جميعا مبنية على وجود المادة. وكل مادة مركبة من ذرات. وهذه تتركب من جسيمات الكهرباء. ومع ذلك فإن التشابه بين ظواهر الجاذبية والظواهر الكهرطيسية يدعو إلى الدهشة. فإن الكواكب السيارة تقع في مجال جاذبية الشمس. والكهرباء تدور في المجال المغنطيسي الكهربي لنواة

---

(١) الكهرطيسي: هي اختصار للكهربا والمغناطيسية .

الذرة. زد على ذلك أن الأرض يمكن اعتبارها كمغنطيس كبير. وهي حقيقة غريبة ولكنها تبدو واضحة لكل من يستخدم البوصلة. ومن جهة أخرى أن للشمس أيضا مجالا مغنطيسياً وكذلك لجميع النجوم.

ومع أن العلماء حاولوا محاولات عديدة لإثبات أن قوة الجاذبية من نوع واحد مثل القوة الكهرطيسية. فإن محاولاتهم جميعها قد باءت بالفشل حتى الآن. واعتقد أينشتاين نفسه أنه نجح سنة ١٩٢٩ عندما أعلن عن نظرية المجال الموحد. ولكنه رفضها فيما بعد وقرر إبعادها. أما نظريته الجديدة فقد أتمها في أواخر سنة ١٩٤٩.. وهي أكثر شمولا. إذ أنها تربط بين مجموعة من القوانين الكونية لا بين مجالات الجاذبية والكهرطيسية في فضاء الكون فحسب. بل أيضا في الفضاء الصغير بين ثنايا الذرة. ولا ندري إذا كان هذا الغرض الكبير عن "المجال الموحد" سيتحقق فإن ذلك يتطلب شهوراً بل سنوات من البحوث الرياضية والتجارب الطبيعية.

ولكن عندما يصل العلماء إلى تصوير هذا الكون الرحيب فإنهم سوف يربطون بين الكون والذرة ويملئون الفجوة الكبيرة التي تفصل بين المتناهي في الكبر والمتناهي في الصغر. وكل التعقيدات التي تبدو لنا عن الكون سوف تتحلل إلى معمل متجانس لا فرق بين المادة والطاقة. بل إن كل أنواع الحركة من حركة المجرات إلى حركة الكهارب موف لا تتعدى كونها تغيرات في تركيب وتركيز المجال الأساسي.

ولما كانت العلوم تهدف إلى وصف «وشرح» الكون الذي نعيش فيه. فإن أينشتاين بهادف نحو الهدف الأكبر لتعريف مظاهر الكون المتعاهدة وتكوين نظرية واحدة تجمع بينها وتوافقها جميعاً.

ومعنى كلمة «شرح» يعاني تقلص كلما دار الإنسان قادمة في طريق الوصول إلى الحقيقة. ولو أن العلم لا يزال عاجزة عن شرح حقيقة المغناطيسية والكهربية والجاذبية. إلا أنه يستطيع أن يقيس آثارها ويتنبأ بنتائجها. ولكن كنهها الحقيقي لا يزال غامضة في أعين أحدث العلماء كما كان في أعين أقدمهم مثل طاليس الذي تكلم عن إمكان كهربة الكهرمان سنة ٥٨٥ ق.م. ومعظم علماء الطبيعة المعاصرين يرفضون الرأي القائل بإمكان معرفة كنه هذه القوى العجيبة مهما طال الزمن.

ويقول الدكتور برتراند راسل "إن الكهرباء ليست شيئاً ملموساً مثل كنيسة سانت بول. إنها طريقة تسلكها الأشياء. وإذا وصفنا كيفية تكهرب الأجسام. وعرفنا شروط كهربتها فقد ذكرنا كل ما نعرف". مثل هذا الرأي كان يسخر منه العلماء إلى عهد قريب. إذ أن أرسطو ذلك العالم الذي طرحت آراؤه على مدى ألفي عام على العالم الغربي قد اعتقد أن الإنسان يستطيع الوصول إلى فهم الحقائق العميقة بتعليلها من مبادئها الذاتية الواضحة. ومثال ذلك أن من الحقائق الذاتية الواضحة أن الكل شيء في الكون مكانه المناسب. ومن ذلك يستطيع الإنسان أن يستنبط أن الأجسام تسقط نحو الأرض لأنها تنتمي إلى الأرض. وإن

الدخان يرتفع إلى أعلى لأنه ينتمي إليه. وكان هدف أرسطو من فلسفته العلمية هو تحليل «لماذا» تحدث الأشياء. وقد بدأ العلم الحديث عندما بدأ غاليليو محاولة شرح كيف» تحدث الأشياء. فهو بذلك يعتبر المبتدع للطريقة التجريبية التي هي أساس البحث العلمي الحديث.

وقد نشأ عن كشوف غاليليو ونيوتن فكرة عن كون ميكانيكى من القوى والضغوط والشد والاهتزازات والموجات. وبدا أن كل شيء غير طبيعي إن لم يكن مبنيا على التجربة وموضحة بنموذج مقوم أو مبنيا على قوانين نيوتن الدقيقة في الميكانيكا – الحركة – ولكن ما كاد القرن الماضي يقارب الانتهاء حتى بدأ بعض الانحراف عن هذه القوانين. ولو أن هذا الانحراف كان من البساطة بمكان إلا أنه كان أساسياً لدرجة أن كل البناء الذي تصوره نيوتن عن الكون قد أوشك على الانهيار. فإن التوكيد بأن العلوم تستطيع أن شرح كيف» تحدث الأشياء غشتها ظلمة منذ نحو عشرين عامة. بل أصبحنا الآن في شك كبير في إمكان الإنسان أن يلمس الحقيقة إطلاقا وفي الأمل أن يفعل ذلك مستقبلا.

نظريتان هامتان

إن العوامل التي أدت بعلماء الطبيعة إلى الشك في نظام الكون، الميكانيكي بدأت بعد ما عرفوا التركيب الداخلي للذرة وبعدما أدركوا أبعاد الكون الشاسعة. التي لا يمكن سبر غورها.أي بعد ما أدركوا الآفاق الداخلية والخارجية للمعرفة. ولشرح هذه الظواهر «كمية» نشأت نظريتان هامتان ما بين سنة ١٩٠٠ ومدينة ١٩٢٧ إحداهما «النظرية الكمية» التي تهتم بالوحدات الأساسية للمادة والطاقة، والنظرية الثانية هي النظرية النسبية التي تهتم بالفضاء والزمن وتركيب الكون كوحدة.

وكلتا النظريتين مقبولتان كأساسين هامين في علم الطبيعة الحديث. وكل نظرية منهما تصف ظواهر طبيعية في مجالها الخاص بمعادلات رياضية متماسكة. ولكنهما لا يجيبان على السؤال التقليدي «كيف» وهو السؤال الذي ارتآه نيوتن كما أن نيوتن لم يستطع الإجابة عن سؤال «لماذا» الذي ابتدعه أرسطو، ولكن النظريتين تعطيان معادلات تعرف بدقة القوانين الخاصة بالإشعاع وانتشار الضوء. ولكنهما لم يستطيعا الوصول إلى حقيقة العملية الميكانيكية التي تتبعها الذرة في إشعاع الضوء. أو في انتشار الضوء في الفضاء. بل بقيت هذه العملية من أعرقى أسرار الكون. وبالمثل فإن القوانين المتصلة بظاهرة النشاط الإشعاعى. مكنت العلماء أن يتنبأوا بمقدار ما تفقده كتلة معينة من

اليورانيوم في فترة محدودة من الزمن. ولكن الإنسان لم يستطع مع هذه القوانين أن يعرف أي الذرات تته ملل أو كيف يقع الاختيار على هذه الذرات المتحللة. وبقيت هذه الأسئلة غامضة على الإنسان حتى الآن.

وبعدما قبل العلماء وصف الكون بطريقة المعادلات الرياضية وجدوا أنفسهم مضطرين إلى أن يبتعدوا عن الطريقة التجريبية وطريقة العلم بالحواس. ولإدراك أهمية هذا التقهقر لابد أن نقف على الخط الفاصل بين الطبيعية وبين ما وراء الطبيعة وأن الأدلة التي تتضمن العلاقة بين الإنسان والحقيقة. وبين الموضوعية والذاتية. مثل هذه الأسئلة قد جذبت الفلاسفة والمفكرين منذ فجر التفكير.. ومنذ ثلاث وعشرين قرناً كتب العالم الإغريقي الكبير ديمرقريطس يقول "الحلو والمر، البرد والدفء وجميع الألوان، كل هذه الأشياء توجد في المخيلة وليست في الحقيقة. ولا يوجد في الحقيقة إلا الجسيمات والذرات الثابتة وأثر حركاتها في الفضاء" وقد كان غاليليو يدرك ذاتية المميزات لصفات الحواس مثل اللون والذوق والرائحة والصوت. وأشار إلى أنها لا يمكن أن ترجع إلى الأشياء الخارجية بل إنها مثل الألم الناشئ من لمس هذه الأشياء" وقد حاول الفيلسوف الانجليزي جون لوك أن يتغلغل إلى أعماق الحقيقة ولبها. وذلك بتعيين الحد الفاصل بين ما أسماه الصفات الابتدائية والصفات الثانوية للمادة. ولذلك فإنه اعتبر الشكل والحركة والصلابة والخواص الهندسية صفات حقيقية آو ابتدائية كامنة في الجسم نفسه. بينما اعتبر الصفات الثانوية مثل

الألوان والأصوات والذوق مجرد إسقاط على أجهزة الحواس. وقد بدا واضحا لكل من جاء بعده من المفكرين مادي التصنع في هذا التحديد.

وقد قال الرياضي الألماني الكبير لايبتز:«إنني أستطيع أن أبرهن على أن الضوء والألوان والحرارة وما شابهها ما هي إلا صفات خارجية».

وليس هذا فحسب، بل تنضم إليها الحركة والشكل والسعة. وكما أن حاسة الإبصار تفيدنا أن كرة الجولف بيضاء. فكذلك الرؤية عن طريق حاسة اللمس تفيدنا على أنها مستديرة ناعمة وصغيرة وهذه كلها صفات لا ظل لها من الحقيقة المستقلة تماما عن حواسنا. شأنها في ذلك شأن تلك الصفة التي اتفقنا على تسميتها باللون الأبيض»..

ومن ذلك وصل العلماء والفلاسفة تدريجاً إلى الاستنباط المدهش. وهو أنه لما كان كل جسم عبارة عن مجموعة صفات، وحيث إن الصفات يدركها العقل. فإن كل الكون الموضوعي المكون من مادة وطاقة وذرات ونجوم لا توجد إلا نتيجة لشعورنا وإدراكنا. أي أنه عبارة عن صرح من الرموز الاصطلاحية تشكله حواس الإنسان. وكما قال بيركلى عدو المادية اللدود.

«إن أنغام الكون وكل ما يؤثث هذه الأرض و بالجملة فإن كل هذه الأجسام التي تكون الإطار العظيم للدنيا ليس لها مادة إلا في عقلنا... وطالما أنه لا يمكنني إدراكها بنفسي ولا توجد في عقلي فإنها إما أنها لا توجد إطلاقاً أو أنها توجد في عقل روحي أبدى...

وقد توسع أينشتاين في هذا الاتجاه من المنطق. ووصل به إلى أقصى حدوده إذ بين أن الفضاء والزمن ما هما إلا أشكال وصور من الإلهام الذي لا ينفصل عن الإدراك. مثلهما في ذلك مثل الألوان والشكل والحجم، فالفضاء ليس له حقيقة موضوعية إلا أنه نظام أو تنظيم للأشياء التي نراها في هذا الفضاء وكذلك الزمن ليس له وجود مستقل إلا في حدود الحوادث التي نقيسه بها.

* * *

لهذه الآراء الفلسفية الدقيقة صلة كبيرة بالعلوم الحديثة. إذ أن الفلاسفة إذ قصروا الحقيقة الموضوعية إلى ظل من الإدراك الحسي، أدركوا عجز حواس الإنسان ومدي مجالاتها الضيقة.

وخير مثال لذلك أنه إذا ما سقط شعاع من أشعة الشمس على منشور زجاجى فإن هذا الشعاع يتحلل ولا يشاهد من ألوان طيف الشمس إلا مجموعة الألوان المنظورة، لأن عين الإنسان لا تدرك ولا تحس إلا حزمة ضيقة من الإشعاعات التي تقع ما بين اللون الأحمر واللون البنفسجي. فإن فرقة بسيطة يبلغ جزء من مائة ألف جزء من السنتيمتر في طول الموجة يجعل الموجة منظورة أو غير منظورة. أي أن هذا الفرق البسيط يفرق ما بين الرؤية وعدمها. إذ أن طول موجة اللون الأحمر تبلغ ٠,٠٠٠٠٧ من السنتيمتر وطول موجة اللون البنفسجي تبلغ ٠,٠٠٠٠٤ من السنتيمتر.

ولكن الشمس ينبعث منها أنواع أخرى من الإشعاعات. منها الأشعة دون الحمراء وطول موجتها من ٠,٠٠٠٠٧ إلى ٠,٠٢٣ – وهذه الأشعة أطول قليلا من تثير حاسة الإبصار في شبكية العين. وذلك رغم أن جلد الإنسان يستشعر حرارتها عند سقوطها عليه. وبالمثل الأشعة فوق البنفسجية. فإن طول موجها يبلغ من ٠,٠٠٠٠٣ إلى ٠,٠٠٠٠٠١ فهى موجة قصيرة لدرجة أن العين لا تستطيع إدراكها، في حين أن آلة التصوير تتأثر بها. كما أنه توجد الأشعة السينية التي تقصر موجتها عن موجة الأشعة فوق البنفسجية. ومع ذلك فإنه يمكن عمل صور باستخدام الأشعة السينية. وتوجد موجات كهربية مغنطيسية أخرى أقل وأطول من تلك الموجات المرئية. وذلك مثل أشعة جاما التي تنبعث من الراديوم وموجات اللاسلكي والأشعة الكونية التي يمكن إدراكها بطرق مختلفة.

ولا تختلف عن طبيعة الموجات الضوئية إلا في طول موجها، فمن الواضح إذن أن عين الإنسان لا ترى كل الموجات الموجودة في الحياة. وأن ما يدركه الإنسان عن الحقيقة التي تحيط به محدود بسبب عجز جهاز الإبصار عنده. ولو أن عينه كانت أكثر حساسية فتدرك مثلا موجات الأشعة السينية لبدت له الدنيا مختلفة عما يراها الآن.

* * *

ولأننا نعلم أن جميع معلوماتنا عن الكون إنما هي أثر من آثار حواسنا الناقصة فإن مطالبنا للحقيقة يبدو عسيرة لا أمل فيه. ولو افترضنا

أن كل شيء لا يعتبر موجودة إلا برؤيته فإن العالم يتحول إلى فوضى من الإدراك الفردي. ولكن هناك نظاما غريبا في ماداركنا كأنما توجد طبقة سفلية للحقيقة الموضوعية التي تترجمها حواسنا. ومن المستحيل أن يعرف أي إنسان إن كان يتفق مع غيره في مادي إحساسه به باللون الأحمر أو إدراكه لنغمة «دو» الوسطى. ولكنه من الممكن افتراض أن كل الناس تتساوى وتتشابه في رؤية الأحمر والاستماع إلى النغمات.

وهذا الانسجام الوظائفي للكون لا بد أن ينسب فضله إلى – الله – كما يرى بيركلي وديكارت وسبينوزا. وعلماء الطبيعة الحديثون يؤكدون أن الكون يعمل على أسس رياضية. وأنها الدقة الرياضية للكون هي التي يعود إليها الفضل في معاونة العلماء النظريين أمثال أينشتاين على التنبؤ وكشف القوانين الطبيعية وذلك على الأساس البسيط من حل المعادلات الرياضية. ولكن العلماء اليوم يرون أنه كلما تحسن الجهاز الرياضي كلما زادت الهوة بين الإنسان والكون.

ولعله من الأهمية بمكان اعتبار الإنسان وسيطا حسابيا بين الكون الكبير والكون الصغير. ومعنى ذلك في لغة بسيطة أن الإنسان وسط بين أكبر النجوم وبين الكهرب الذي يعتبر أصغر وحدة طبيعية. فلا عجب بها. ذلك إذا علمنا أن أهم غوامض الكون إنما توجد في العوالم البعيدة عن إحساس الإنسان وإدراكه. وأن العلم بسبب عجزه عن وصف هذه الحقيقة لا بد أن يقنع بملاحظة نتائج معادلاته الرياضية.

نظريات تتغلب على المشكلات

بدأت أولى خطوات تقهقر العلم عن الطريقة التجريبية واتجاهه نحو الطريقة الرياضية سنة ١٩٠٠ وذلك عندما وضع ماكس بلانك «النظرية الكمية» وقد وضعها على أساس تفسير بعض المشاكل التي طرأت من دراساته عن الإشعاع. فمن المعلومات العامة المعروفة للجميع أن الأجسام عندما تسخن تتوهج وتبعث إشعاعا أحمر. ثم إذا ارتفعت درجة الحرارة بعد ذلك فإن لون الذهب يتغير إلى برتقالي ثم إلى أصفر ثم إلى أبيض. وقد حاول العلماء محاولات مضنية خلال القرن التاسع عشر لاستنباط قانون يبين العلاقة بين الطاقة المشعة من الجسم الساخن و بين طول الموجة ودرجة الحرارة. وقد فشلت جميع المحاولات حتى وفق العالم بلانك إلى إيجاد معادلة رياضية تتفق مع النتائج العملية. وأغرب ما في معادلته أنها أسست على الافتراض القائل بأن الطاقة المشعة تنبعث لا في ينبوع متصل بل في وحدات متقطعة. كل وحدة منها تسمى «كم».

ولم يكن لدي بلانك أي دليل على هذا الاقتراض، فإلى الآن لا يعلم أي إنسان ما تحدث "ماما في عملية الإشعاع. ولكنه استنبط ذلك بطرق نظرية رياضية واستنبط من معادلة رياضية العلاقات بين «الكم» والطاقة المنبعثة منه وهذه المعادلة هي الطاقة = هـ. ن حيث ح هـ ترمز لمقدار ثابت يسمى ثابت

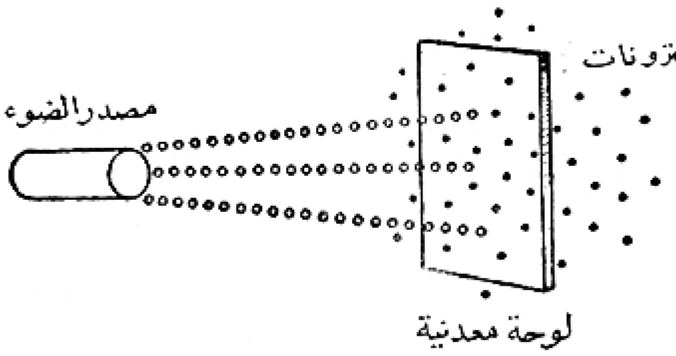
بلانك،ن هي التردد لموجة الإشعاع ووجد أن ثابت بلانك مقدار صغير يبلغ نحو ٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٦٦٢٤و٠ واتضح فيما بعد أنه أمر المقادير الأساسية في الكون، في أية عملية من عمليات الإشعاع نجد أن مقدار الطاقة المنبعثة مقسومة على التردد داعما تعطينا مقداراً ثابتاً. هو ثابت بلانك. ومع أن ثابت بلانك هذا قد سيطر على تقريرات مال الطبيعة الذرية المدى نصف قرن، فإنه لا يمكن تفسير مقداره كما لم يمكن تفسير مقدار سرعة الضوء. فهو كغيره من الثوابت الكونية عبارة عن حقيقة رياضية لا يمكن تفسيرها، وقد لاحظ سير آرثر أدنجتون مرة من المرات أن أي قانون حقيقي من قوانين الكون ربما يبدو غير سديد الإنسان العاقل. ومن ذلك فإن النظرية الكمية لبلانك تعتبر في رأيه من أهم القوانين الطبيعية التي كشفها العلم.

* * *

إن نظرية بلانك البعيدة الأثر لم تبد أهميتها إلا في مدينة ١٩٠٥ عندما تصدى لها أينشتاين وقرر أهميتها، وكان هو الوحيد من بين جميع العلماء الأحياء الذي نقل النظرية الكمية إلى ميدان جديدة. وقد اعتقد بلانك أنه لم يعمل شيئا إلا أنه وضع بضعة معادلات عن الإشعاع. ولكن أينشتاين قد أثبت بالقوانين أن جميع أنواع الإشعاعات. كالضوء والحرارة والأشعة السينية تنتشر في الفضاء بكميات متقطعة حقا. ومن ذلك كان الاحساس بالدفء الذي نشعر به عند جلوسنا بجوار نار المدفأة. وهذا الإحساس ناتج من تساقط كميات الضوء على أعصابنا الحساسة للضوء

وتختلف هذه الكميات باختلاف التردد الذي تبينه المعادلة الطاقة = هـ.ن.

وقد برهن أينشتاين على صحة هذه الفكرة باستنباط قانون دقيق يعرف باسم الظاهرة الضوئية الكهربية. فقد احتار علماء الطبيعة في تفسير الحقيقة القائلة بأنه إذا سقط شعاع الموجات البنفسجية على لوح معدني فإنه ينطلق منه عدد من الكهارب. أما إذا سقط شعاع من الضوء تردده أقل من تردد البنفسجي مثل الأصفر أو الأحمر فإن الكهارب تنطلق أيضا ولكن بسرعة أقل في الحالة الأخيرة. ويتوقف حماس انبعاث الكهارب من المعدن على لون الضوء.



«استطاع أينشتاين تفسير الظاهرة الضوئية الكهربية سنة ١٩٠٥ فإذا ما سقط ضوء على لوح معدني فإن الكهارب تنطلق من هذا اللوح. ولا يمكن تفسير هذه الظاهرة بالنظرية الموجية للضوء. واستنبط أينشتاين أن الضوء ليس مساراً منتظماً مستمراً من العلاقة. بل إنه يتكون من حزم منفصلة من العلاقة، وسمى كل حزمة باسم "فوتون"، فإذا ما سقط الفوتون على كهرب فإن النتيجة

تكون مشابهة لما يحدث عندما تتصادم كرات البليارد كما هو مبيين بالرسم». الساقط عليه لا على شدة هذا الضوء. فإذا ما أبعد مصدر الضوء إلى مسافة بعيدة وضعفت شدته إلى وهج ضعيف فإن الكهارب التي تنبعث تكون أقل عدداً ولكن سرعتها لا تقل. وهذه العملية تكون في المعتاد سريعة حتى في حالة إضعاف الضوء إلى درجة كبيرة لا نحس معها بوجوده.

وقد قرر أينشتاين أن هذه الظواهر الغريبة لا يمكن تفسيرها إلا بافتراض أن الضوء مكون من حزم ضوئية منفصلة عبارة عن حبيبات من الطاقة أسماها «فوتون». فإذا سقط «فوتون» منها على كهرب فإن النتيجة العملية تشابه تلك العمليات الناتجة من تصادم كرتين من كرات البليارد. وقد قال أيضا: إن فوتونات الأشعة البنفسجية والأشعة فوق البنفسجية بل وكل الموجات عالية التردد تختزن طاقة أكثر مما تختزنه فوتونات الأشعة الحمراء أو دون الحمراء.

وإن السرعة التي تنطلق بها الكهارب من اللوح المعدني تتناسب مع الطاقة المخزنة في الفوتون الذي يسقط عليها. وقد عبر عن هذه المبادئ في سلسلة من المعادلات التاريخية التي نال عمها جائزة نوبل. وكان لهذه المعادلات تأثير كبير في علم الطيف والطبيعية الكمية، وأن اختراع التلفزيون وأجهزته وتطبيقاته العديدة إنما تدين في وجودها إلى قوانين أينشتاين في التأثيرات الضوئية الكهربية.

* * *

وبهذه المبادئ الجديدة التي أوجدها أينشتاين نتجت مشكلة تعتبر من أعتى المشاكل الطبيعية. إننا نعلم جميعا ولا نشك إطلاقا في أن المادة مكونة من ذرات وكل ذرة منها مكونة من جسيمات صغيرة تسمى الكهارب والنيوترونات والبروتونات. ولكن افتراض أينشتاين أن الضوء أيضا مكون على الأرجح من جسيمات منفصلة. هذا الافتراض يصطدم مع نظرية محترمة من زمان طويل هي النظرية الموجبة للضوء.

حقيقة أن كثيراً من الظواهر الضوئية لا يمكن تفسيرها إلا على أساس النظرية الموجبة للضوء. مثلا يتكون ظل واضح محدد للأجسام العادية كالمباني والأشجار وأعمدة التلغراف. أما إذا وضع سلك رفيع أو شعرة دقيقة ما بين مصدر ضوء وحاجز فإنه لا يتكون ظل واضح إطلاقا. مما يدعو إلى التفكير في أن الموجات الضوئية قد انعطفت حول السلك أو الشعرة كما تنعطف موجات المياه حول صخرة.

وبالمثل فإنه عندما تمر حزمة من الأشعة الضوئية خلال فتحة ينتج عنها على الحاجز دائرة مضيئة محددة. ولكن إذا صغر اتساع الفتحة إلى ثقب دقيق كثقب الإبرة فإنه ينتج عنها على الحاجز دوائر متبادلة من الضوء والظل. وتسمى هذه الظاهرة باسم حيود الضوء. و يمكن مقارنتها بما يحدث لموجات مياه المحيط عندما تنعطف وتميل وتحيد حينما تمر خلال مدخل الميناء. وإذا أمررنا الضوء خلال ثقبين لا ثقب واحد وكان الثقبان متجاورين ومتقاربين فإن نموذج الحيود يكون عبارة من خطوط

متوازية تماما كما ينتج من تقابل موجتين من موجات المياه فوق سطح حوض سباحة، فإنه عندما تتقابل قمة موجة مع قمة موجة أخرى فإنهما يقويان بعضهما البعض. وعندما تابل قمة مع قاع فإنهما يتلاشيان. وبالمثل في حالة مرور الة سوء خلال الثقبين المتجاورين تنتج الخطوط البيضاء من أثر التقوية الناتجة من تقابل موجتى الضوء. وتنتج الخطوط السوداء عندما تتداخل الموجتان.

وهذه الظواهر الخاصة بالحيود إنما هي من مميزات الموجات، ولا يمكن أن تحدث إذا كان الضوء مكونة من جزيئات، إذ أن التجارب والنظريات التي أجريت في القرنين الماضيين تؤكد أن الضوء «يجب أن يكون موجيا. ومع ذلك فإن قانون أينشتاين الخاص بالظاهرة الضوئية الكهربية يبين أن الضوء يجب أن يتكون من «فوتونات».

وهذا السؤال الأساسي الخاص بالضوء هل هو مزجي أم مادي لم يصل العلماء فيه إلى إجابة صحيحة نهائية. ومع ذلك فإن الخاصية الازدواجية للضوء ما هي إلا مظهر من مظاهر ازدواج أعمق وأضخم يعم الكون العظيم.

وقد ظهرت بوادر هذا الازدواج الغريب سنة **١٩٢٥** عند ما اقترح عالم فرنسي اسمه «دى بروجلي» أن جميع الظواهر الخاصة بالمادة والإشعاع يمكن إدراكها على خير وجه إذا اعتبرنا أن الكهارب ليست جزيئات فردية بل نظم من الموجات. وهذا التصوير الجريء قد سخر من

البحوث الكمية التي امتدت أكثر من عشرين عاما، والتي توصل فيها العلماء إلى آراء فاصلة عن المكونات الأساسية للمادة. فقد صوروا تركيب الذرة على أساس النظام الشمسى. فقالوا إن الذرة تتكون من النواة في الوسط تحيطها الكهارب التي تدور في مدارات دائرية أو بيضية. وتختلف عدد الكهارب من ذرة إلى أخرى. فيبلغ عددها في ذرة الإيدروجين كهربا واحدا ويصل العدد إلى ٩٢ كهرباً في ذرة اليورانيوم، ودلت التجارب على أن الهارب جميعها تتساوى في كتلتها وفي شحنها الكهربية، فكان من الطبيعي أن يعتبرها الحجر الأساسي في بناء الكون.

وبدأ للعلماء أنه من المنطقي أن يصوروا الذرة كأنها كرات جامدة مرفة. ولكنهم بالتدريج ومع تقدم البحوث وجدوها غريبة الأطوار تتحدى كل مشاهدة أو قياس. في حالات كثيرة بدا سلوكها معقداً بعيدة عن كونها جزيئات مادية. فقد أعلن العالم الانجليزي الكبير "سر جيمس جينز" "أن الكرات الجامدة لابد أن تحتل مكانة محددة في الفضاء. ولكن الكهارب لا تبدو كذلك. والكرات الجامدة تشغل حيز محدودة. ولكن إذا قلنا إن الكهارب تشغل حمزة محدودة فإن ذلك يبدو غريبة كما لو قلنا إن الخوف أو القلق أو الشك لها هذه الصفة من شغل حيز محدود".

وبعدما أبدى «دى بر وجل» آراءه في «المادة الموجية» ظهر العالم النمساوي «شرودنجر» وأيد نفس الفكرة بطريقة رياضية واستنبط نظام شرح به النظرية الكمية على أساس أن للهارب والبروتونات وظائف

موجية. وهذه النظرية تسمى «الميكانيكا الموجية» قد أيدها العالمان الأمريكيان «دافيسون» و«چيرمر» إذ أثبتا بالتجربة أن الكهارب تعطى فعلا خواص موجبة. فقد وجها حزمة من الكهارب وأسقطاها على بلورة معدنية وحصلا على نماذج الحيود تشبه تماماً نماذج الحيود الناتجة من مرور الضوء خلال ثقب ضيق بينت مقاييسهما أن طول الموجة الخاصة بالكهرب تبلغ ذلك المقدار المستنبط من معادلة دى بروجل وهي أن ح = ث/ك.ع حيث ح هي طول الموجه، ع هي سرعة الكهرب، ك هـ كتلتها، ث هو ثابت بلانك.ولكن المفاجآت العديدة كانت متوثبة للظهور إذ أثبتت التجارب التي أجريت بعد ذلك أنه ليست الكهارب فقط بل الذرات والجزيئات أيضا تنتج جميعاً نماذج موجية. عندما تحيد بسقوطها على سطح بللورى، وأن طول موجة كل منها تتفق مع ما يستنبط من معادلات «دى بر وجلي وشرودنج» ونتج عن ذلك أن الوحدات الأساسية للمادة التي سماها العالم الإنجليزي «جيمس كلارك مسكرويل» الحجر الأساسي الأبدي للكون. هذه الوحدات فقدت صفتها المادية. فالتصوير القديم للكهرب من أنه كرة جامدة انتهى إلى أن الكهرب عباره عن شحنة. الموجة من الطاقة الكهربية وإلى أن الذرة عبارة عن نظم من الموجات المتجمعة. والخلاصة أن المادة مكونة من موجات وأننا نعيش في عالم من الموجات.

والتناقض الظاهر من أن المادة صفات موجية من ناحية، ومن أن

للضوء صفات مادية من ناحية أخرى قد حلت مشكلتها قبل الحرب العالمية الثانية إذ تمكن عالمان ألمانيان هما «هايزه برج» و «بورن» من وصل هذه الفجوة بإيجاد جهاز رياضي جديد يسمح بوصف الظواهر الكمية إما بطريقة موجية وإما بطريقة عادية كما نرغب، وأن الأساس فكرتها تأثيراً كبيراً على فلسفة العلوم. فقد أوضحا أنه ليس من الضروري أن يقلق علماء الطبيعة فيما يختص خواص كهرب منفرد. فهو يتعامل مع حزم ومجاميع من الكهارب. تحتوي كل حزمة أو مجموعة منها على جزيئات أو موجات. فهو يهتم بسلوك المجموعة وبإحصائيات وقوانين الاحتمالات والصدفة ولا شيء غير ذلك. فسيان من الناحية العملية إذا اعتبرنا الكهارب مادة أو نظام موجية. وفي المجموع مكن تصويرها على أي من الاعتبارين. و يمكن توضيح ذلك مثال عملي. فإنه إذا افترضنا وجود عالمين من علماء الطبيعة على ساحل البحر فإنه يمكن لأحدهما أن يحلل موجات البحر بقوله: «إن خواصها وشدتها تتميز بمواضع القمة والقاع لكل موجة» و يمكن للآخر أن يقول بنفس الدقة «أن القطاع الذي قدم به قمة الموجة إنما هو ظاهر بسبب أنه يحتوي على جزيئات من الماء أكثر مما يحتويه القطاع المسمى بالقاع» و بالمثل استعار بورن التعبير الرياضي الذي استخدمه شرودنجر في معادلاته للدلالة على وظيفة الموجة وفسرها على أنها بر احتمال» من نوع إحصائي. وبمعنى آخر أنه اعتبر شدة أي جزء في أي موجة كأنها مقياس على التوزيع الاحتمالي للجزيئات في هذه النقطة. و بذلك فإن ظاهرة الحيود التي لم

يمكن تفسيرها إلا على أساس النظرية الموجية قد فسرها على أساس احتمالات توزيع الجزيئات عند اتباعها ممرات خاصة ووصولها إلى أماكن خاصة سواء في ذلك جزيئات كميات الضوء أو الكهارب و بذلك فإن موجات المادة انقلبت إلى "موجات الاحتمالات" ولا يهمنا بعد ذلك كيف ننظر إلى الكهرب أو إلى الذرة أو إلى موجة الاحتمالات. فإن معادلات هايزنبرج وبورن تناسب أي تصوير ويمكننا أن نتخيل كأننا نسكن في كون من الموجات أو كونه من الجزيئات حسب رغبتنا واختيارنا.

لا يمكن معرفة حقيقة أي شيء

الحق أن النظرية الكمية ولو أنها تحدد بكل دقة العلاقات الرياضية التي تربط الوحدات الأساسية للإشعاع والمادة، إلا أنها قد زادت الغموض في معرفة حقيقة الكون. ويميل معظم علماء الطبيعة الحديثون إلى الاعتقاد أنه لا يمكن معرفة حقيقة أي شيء. بل يعتبرون أن من طبيعة قلب الإنسان وبساطته أن يحاول ذلك. وإذا قال البعض إن العلم لا يستطيع إلا إثبات مشاهدات. فهذا ما يقوله الإيجابيون أو المجربون المنطقيون،ولذلك فإنه إذا أجرى ذلك العالم تجربتين باستخدام أجهزة مختلفة. وكشف مرة أن الضوء عبارة عن جزيئات وفي مرة أخرى وجد أن الضوء مكون من موجات، فعليه أن يقبل النتيجتين. ولا يجوز أن يعتبرهما نتيجتين متناقضتين. بل متكاملتين. فإن كل رأي منهما لا يمكن أن ينفرد في شرح الضوء. ولكنهما يفسرانه متعاونين. فكلاهما ضروري لتفسير الحقيقة. ولا يجوز أن نسأل أيهما أصح. لأنه لا توجد كلمة «حقيقة» في قاموس الطبيعة الكمية.

ومع ذلك فإنه من المفيد حقا أن نأمل في وصول الإنسان إلى اختراع أجهزة جديدة تمتاز بالحساسية والدقة وتعينه على التقدم في ميدان معرفة عالم الذرة. إذ وجد العلماء أنفسهم في حيرة كبيرة في ميدان الذرة. ولم تستطع أدق الأجهزة وأعمق المشاهدات على هدايتهم

في ذلك الميدان. فإن العلماء إذا التجأوا إلى عنصر التخيل عند بحثهم في عالم الذرة فإنه لا يمكننا أن نرد ذلك إلى الأجهزة وعدم دقتها الدقة الكافية. بل إن ذلك يعود فيما يظهر إلى طبيعة الأشياء كما بين ذلك العالم هايزنبرج سنة ١٩٢٧ في تصريح هام في صورة قانون طبيعى، يعرف باسم «مبدأ الشك». ولتوضيح رأيه تخيل هايزنبرج تجربة خيالية يحاول فيها العالم ملاحظة مكان وسرعة كهرب واتجاه حركته باستخدام مجهر دقيق للغاية. ولكن يبدو أنه لا يمكن تحديد مكان أو سرعة كهرب خاص منفرد. فالعلماء يحددون خواص الكهرب بدقة مناسبة باستنباطها من خواص مجموعة منها. ولكنه عندما يحاول تحديد مكان كهرب خاص معين في الفضاء فخير ما يقوله في هذه الحالة هو أن نقطة معينة من نقط تحركات موجات الكهارب كمجموعة تمثل الوضع المحتمل للكهرب المعهين. فالكهرب الواحد عبارة عن بقعة غير محددة شأنها في ذلك شأن الريح أو موجات الصوت في الظلام. وكلما قل عدد الكهارب التي يلاحظها العالم كلما زادته مشاهداته حيرة وعدم تحديد. وظاهرة عدم التحديد راجعة في رأي هايزنبرج إلى الحاجز النهائي الذي يحجب الإنسان عن الكون وطبيعية، ولا يرجع إلى نقص في العالم. ولذلك فإنه في تجربته الخيالية اقترح أن المجهر الدقيق الخيالي لا بد أن تبلغ قوة تكبيره بحيث تكبر الكهرب مائة بليون مرة حتى تستطيع عين الإنسان أن تدرك الكهرب. ولكنه في هذه الحالة تنشأ عدة صعوبات أخرى. ذلك لأن الكهرب أصغر من موجة الضوء. ولذلك يضطر العالم إلى استخدام

إشعاع طول موجته أصغر. والأشعة السينية ولو أن موجتها أقصر من طول موجة الضوء إلا أنها عديمة الجدوى ولا تصلح لرؤية الكهرب. ولا يمكن رؤيته إلا باستخدام أشعة جاما، تلك الأشعة التي تنبعث من الراديوم، ولكن تجارب العلماء في موضوع الكهربية الضوئية، بينت أن فوتونات أشعة الضوء العادية تؤثر بقوة كبيرة على الكهارب، والأشعة السينية تؤثر عليها بقوة أكبر، ولذلك فإن قوة أشعة جاما لا بد أن تكون خطيرة عليها.

و«مبدأ الشك» يؤكد عندئذ أنه من المستحيل تحديد وضع وسرعة واتجاه كهرب معين في نفس الوقت، فلا يمكن للعالم أن يقول "إن هذا الكهرب المعين يشغل هذا المكان بالذات". وذلك لأنه أثناء عملية ملاحظة المكان. فإن سرعة الكهرب تتغير، و بالعكس إذا حددت سرعته بدقة فإن مكانه يتغير ولا يتحدد، والغريب أن العالم عندما يحسب الحدود الرياضية لعدم الشك في عملية قيامه بقياس موضع وسرعة الكهرب فإنه يجد دائما أن ثابت بلانك عامل من العوامل.

* * *

الطبيعة الكمية إذن تهدم أنه أساسين من أدسس العلوم المعروفة منذ زمن، وهما أساس التحليل وأساس التحديد، وذلك لأننا إذا اعتبرنا الاحصائيات والاحتمالات، نجد أن النظرية الكمية تبتعد عن كل رأي يقول بأن طبيعة الأشياء تتبع فكرة السبب والمتسبب، وهذه النظرية عندما تسمح بتجديد الشك فإنها تحيي فينا الأمل القديم، بأننا إن

حصلنا على معرفة الحالة الراهنة وسرعة كل جسم مادي في هذا الكون، فإن العلوم عندئذ تستطيع أن تتنبأ بمستقبل تاريخ الكون، وذلك لأنه إذا كانت الحوادث الطبيعية غير محددة والمستقبل غير معروف، ولا يمكن التنبؤ به، فإن الكمية المجهولة المسماة «المخ» هدى الإنسان إلى مكانه وهبط هذا الكون المتقلب غير المحدد، ولكن هذا الرأي يهاجم مجال تفكير لا يسأل عنه علماء الطبيعة، وهناك نتيجة علمية هامة أخرى استنبطت من خلال الطبيعة الكمية، وهي أن الفاصل بين الإنسان والحقيقة قله اتسعت فجوته، وذلك بعد، أن اتضح عجز حواس الإنسان، لأنه عندما يحاول أن يلاحظ «حقيقة» أي جسم في هذا الكون. فإن عملية الملاحظة تسبب إزاحة هذا الشيء وتغيير طبيعته، وإذا استبعده ملاحظة هذا الشيء بحواسه فإنه لا يتبقي لديه إلا المعادلات الرياضية.

إن الإنسان في الواقع يشبه الرجل الأعمى الذي يحاول أن يعلم تركيب وشكل قطعة من الجليد – فلا يكاد يحاول لمسها أو تذوقها حتى تنصهر، وموجة الكهرب والفوتون وموجة الاحتمالات لا يمكن رؤيتها بل إنها مجرد رموز تفيد في التعبير عن العلاقات الرياضية في عالم الذرة.

رب سائل يسأل لماذا يلجأ علماء الطبيعة إلى الطرق الخفية في الوصف. فيجيب العلماء «لأن معادلات الطبيعة الكمية تعرف الظواهر الأساسية أكثر دقة من الطرق الميكانيكية" وذلك إذا كانت تلك الظواهر

بعيدة عن مجال النظر. وقد نجحت هذه المعادلات الكمية في اختراع القنبلة الذرية. والهدف الذي يراه إليه علماء الطبيعة التجريبية هو إعلان قوانين الطبيعة في صورة رياضية. في القرن التابع عشر صور العلماء الكهرباء على أنها مال. ومع ذلك فقد استنبطوا القوانين التي تتحكم في عصرنا الحديث عصر الكهرباء. ويعلم العلماء الآن أن الكهربا ليست سيالا. و يعلمون أيضا أن مثل هذه الكنايات التي يستخدمها الآن أمثال «الموجات»، «الجزيئات» ولو أنها مفيدة وموجهة وتؤدي إلى اختراعات جديدة، إلا أنه لا يصح أن نعتبرها ممثلة الحقيقة تمثيلا صحيحة. وفي لغة الرياضة المجردة يمكن للعلماء أن يصفوا كيف تعمل الأشياء ولو أنهم لا يعرفون ولا يحتاجون أن يعرفوا حقيقة هذه الأشياء. وقد أبدى أينشتاين أمله أكثر من مرة في أن تؤدي الطبيعة الكمية إلى نفع مؤقت. وصرح بقوله «لا يمكنني أن أعتقد أن الخالق يلعب النرد بالدنيا» وينكر الآراء القائلة بأن العلم إنما يصف الأشياء ويربط النتائج بالمشاهدات. إنه يعتقد في كون منظم منسجم. ويعتقد أن العلماء يصلون إلى معرفة الحقيقة الطبيعية، ولكنه كان يتجه بهذه الآراء نحو العالم الخارجي أي إلى الكواكب والنجوم وإلى أعماق الفضاء والزمن ولم يتجه إلى الذرة وداخلها.

أسس طبيعية للقوانين

قال الفيلسوف جون لوك منذ نحو ثلاثمائة عاما في بحثه عن «الفهم الإنساني». إذا تصورنا عادة من لاعبي الشطرنج واقفين عناء نفس المربعات من رقعة الشطرنج كما تركناهم عناها من قبل، فإننا نقول إنهم لم يتحركوا أو لم يغيروا مواضعهم مع أن رقعة الشطرنج نفسها ربما قاء نقلت من غرفة إلى أخرى. ونقول نفس الشيء إذا تخيلنا رقعة الشطرنج في كابينة من سفينة رغم أن السفينة متحركة طوال الوقت. ويقال نفس الشيء عن السفينة عنا ما تكون راسية بجوار شاطئ البحر رغم أن الأرض تدور. ومن هنا كان لاعبو الشطرنج ورقعته والسفينة قله غير كل منهم مكانه بالنسبة إلى أجسام بحياة. وهذا المثال التي يصور لاعبي الشطرنج كأنهم متحركون وهم غير متحركين يوضح أساس نظرية النسبية. نسبية الوضع. وهذا يوحى أيضاً بمثال آخر يوضح «نسبية الحركة» فإن كل من ركب قطاراً يدرك كيف أن قطار متحركة في الاتجاه المضاد يبدو مسرعة. أما إذا كان القطار مواز للقطار الذي يركبه فإنه يبدو كأنه ساكن لا يتحرك. بل إن الراكب إذا كان قطاره في محط مقفل فإنه لا يستطيع أن يعرف إن كان قطاراً متحركا أم ساكنا. وإذا كان قطاره يجاور قطار آخر فإنه لا يكاد يعرف إن كان قطاره هو المتحرك. ولا يدرك اتجاهه ولا سرعته بالنسبة للآخر. والطريقة الوحيدة لمعرفة كل

ذلك هو بالنظر خارج عربته إلى علامة ثابتة من علامات المحط. كالنظر إلى الرصيف أو عمود النور أو شجرة.

وكان «سير إسحق نيوتن» ممن يعلمون هذه الحيل الخاصة بالحركة، ولكنه قصرها على حركة السفينة. فإذا كان البحر هادئاً فإن البحار يستطيع أن يتناول غذاءه أو يحلق ذقنه بكل يسر وسهولة كما لو كانت السفينة ساكنة وراسية بجوار الشاطئ. ويبقى الحساء في الإناء ويبقى ماء الشرب في كوبه سواء أكانت السفينة متحركة بسرعة ١٥ عقدة أو ٢٥ عقدة. فإذا لم ينظر إلى البحر فإنه لا يدرك مادي سرعة السفينة التي يركبها. بل لعله لا يدرك إن كانت متحركة أو ساكنة. أما إذا هاج البحر وماج أو غيرت السفينة اتجاهها فجأة فإن البحار عندئذ يستشعر حالة سفينته من حيث السرعة أو الحركة والسكون. وقد وضع نيوتن سنة ١٦٨٧ عدة قوانين تبين الأسس الطبيعية لهذه الحالات. فقال «حركة الأجسام في فضاء ما تبقى واحدة لا تتغير بالنسبة لبعضها البعض طالما كان الفضاء داكنة أو متحرك بسرعة منتظمة في خط مستقيم» ويعرف هذا القانون باسم مبدأ نسبية نيوتن أو غاليليو. ويمكن صياغتها في قول آخر أعم» قوانين الميكانيكا التي تسري في مكان ما تنطبق في أي مكان آخر يتحرك بسرعة منتظمة بالنسبة للمكان الأول».

* * *

إن الأهمية الفلسفية لهذه المبادئ ترجع إلى ما تبينه من أسرار

الكون، وحيث أن الغرض من العلوم هو شرح العالم الذي نعيش فيه لا شرحا كلية فحسب، بل لشرح جميع أجزائه، فإنه من الضروري للعلماء أن يثقوا في توافق الكون. ويجب عليهم أن يعتقدوا أن القوانين الطبيعية التي تكشفت فوق الأرض هي صحيحة أيضا بالنسبة للكون. وعليه أن يربط بين سقوط التفاحة إلى الأرض وبين دوران الكواكب حول الشمس. أي عليه أن يعلم أن قانون سقوط التفاحة هو قانون عام في الكون. ولو أنه وضع مبدأ النسبية مثال السفينة فوق سطح البحر فإن سفينته التي تخيلها لم تكن إلا الأرض لأنه يمكن اعتبار الأرض ساكنة عند بحث الأغراض العادية للعلوم. و تمكننا القول إذا رغبنا أن الجمال والأشجار والمنازل كلها ساكنة وأن الحيوانات والسيارات والطائرات تتحرك. ولكن علماء الفلك يدركون أن الأرض غير ساكنة بل تدور في الفضاء لحركة دورية معقدة. فإنه بجانب دورانها اليومي حول محورها بسرعة ألف ميل في الساعة ودورانها السنوي حول الشمس بسرعة عشرين ميلا في الثانية فإنها مشغولة بدورانات أقل أهمية، وخلافاً للعقيدة السائدة فإن القمر لا يدور حول الأرض. بل إنهما يدوران حول بعضهما البعض أو حول مركز ثقل مشترك إذا راعينا الدقة. بل إن المجموعة الشمسية كلها تتحرك ضمن مجموعة النجوم المحلية بسرعة ١٣ ميلا في الثانية. ومجموعة النجوم المحلية تتحرك داخل سكة التبانة بسرعة مائتي ميل في الثانية. وسكته التبانة تتحرك نحو المخدرات الخارجية البعيدة بسرعة مائة ميل في الثانية، والكل في اتجاهات مختلفة.

ولو أن نيوتن لم يكن يعرف كل هذه التعقيدات الخاصة بحركة الأرض، إلا أنه تعب من مشكلة التمييز بين الحركة النسبية والحركة الحقيقية أو المطلقة في كون دائب الحركة بطريقة تدعو إلى الدهشة. وقد تخيل وجود جسم ساكن تماما لعله يوجد في مناطق النجوم الثابتة أو أبعد منها. واعترف بعجزه عن إثبات ذلك بأية وسيلة من الوسائل المعروفة على الأرض. ومن جهة أخرى فإن نيوتن ارتأى أن الفضاء نفسه يمكن أن يستخدم كجسم ثابت يرجع إليه لمعرفة الحركة المطلقة للنجوم والمجرات. واعتبر الفضاء –كحقيقة طبيعية – ثابت لا يتحرك – ولو أنه لم يجد لذلك أي دليل علمي لإقناع نفسه إلا أنه استمر على هذه العقيدة على أسس روحية دينية – لأنه أعتقد أن الفضاء دلالة على وجود "الإله".

وقد بدا خلال القرنين التاليين أن آراء نيوتن صحيحة – إذ أن النظرية الموجية للضوء استلزمت وجود مادة مثل الأثير يملأ الفضاء – بل إن العالم الفرنسي «ديكارت» من قبل عصر نيوتن افترض وجود وسط مادي خلال الفضاء بين الأجسام.

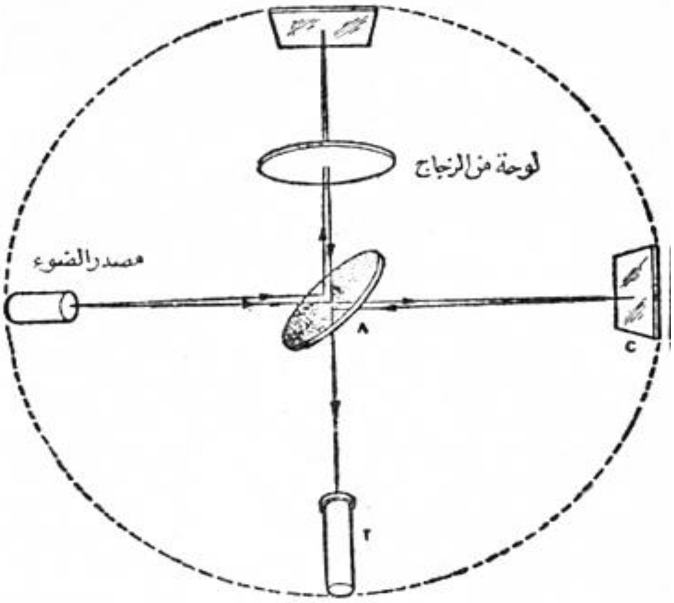
وفي القرنين الثامن عشر والتاسع عشر رأى علماء الطبيعة أنه مادام أن الضوء عبارة عن موجات فلابد من افتراض وسط مادى تسرى فيه تلك الموجات. كما يلزم وجود مادة المياه لكي تنتشر عليها موجات البحر، وضرورة وجود جزيئات الهواء لكي تنتشر عليها موجات الصوت. وعندما بينت التجارب أن الضوء يستطيع أن ينتشر في الفراغ. افترض العلماء مادة سموها «الأثير»

التي قرروا أنها تملأ كل فضاء أو مادة، وجاء من بعد ذلك فراداى واقترح نوعا آخر من الأثير كحامل للموجات الكهربية المغناطيسية. ولما كشف مكسوبل أن الضوء نوع من الموجات الكهربية المغناطيسية تأكد العلماء من وجود الأثير.

* * *

وهكذا كان نتاج آراء نيوتن أن الكون تتخلله مادة غير منظوره تسيح وسطه النجوم وتنتشر خلاله موجات الضوء، وأنتجت نموذجا ميكانيكيا لكل الظواهر المعروفة في الكون وأنتجت أيضا إطار ثابتة تنسب إليه جميع الحركات خلال الفضاء المطلق غير المتحرك، كما تتطلب ذلك آراء نيوتن. ومع ذلك فإن افتراض الأثير أوجد كثيرا من المشاكل. أقلها أنه لم يمكن إثبات وجوده عمليا وقد أجرى العالمان الأمريكيان ميكلسن ومورلى تجربة تاريخية في كليفلاند سنة ١٨٨١، وكان الغرض منها إثبات وجود الأثير. وكانت الفكرة الأساسية في تجربتهما سهلة للغاية. فقد عللا أنه ما دام أن كل فضاء عبارة عن بحر ساكن من الأثير فيجب أن ندرك ونقيس حركة الأرض خلال الأثير. وذلك كما يمكن للبحارة أن يقيسوا سرعة السفينة خلال البحار. وكما أشار نيوتن إلى استحالة إدراك سرعة سفينة خلال بحر ساكن إذا أجريت التجربة داخل السفينة. فإن البحارة يستطيعون تقدير سرعة السفينة باستخدام قطعة خشب برد. لونها إلى البحر من سفينتهم. ويعاون عدد العقد التي تمر خلال خط الخشبة. ومن ذلك رأى ميكلسون ومورلي عند تقارير سرعة الأرض خلال بحر الأثير أن يوميا «خشبة» فوق سطح السفينة. وهذه

الخشبة هي حزمة ضوئية. وذلك لأنه إذا كان الضوء ينتشر حقيقة خلال الأثير فإن سرعته يجب أن تتأثر من تيار الأثير. ذلك التيار الناتج من حركة الأرض. أي أن شعاع الضوء الموجه في اتجاه حركة الأرض يجب أن ينتقص منها سرعة تيار الأثير كما تفعل عند إيجاد سرعة رباح يسبح مع تيار الماء. وسيكون الفرق بسيطة، لأن سرعة الضوء تبلغ ١٨٦,٢٨٤ ميلا في الثانية كما استنبطت مدينة ١٨٦٩ في حين أن سرعة الأرض في مدارها حول الشمس تبلغ عشرين ميلا في الثانية فقط. وينتج من ذلك أن شعاع الضوء المرسل ضد تيار الأثير يجب أن ينتشر بسرعة ١٨٦,٢٦٤ ميلا في الثانية في حين أن الشعاع المرسل مع التيار يجب أن ينتشر بسرعة ١٨٦,٣٠٤ أي مرة بإنقاص عشرين وأخرى بزيادة عشرين على سرعته الأصلية.



وبناء على ذلك قام ميكلسون ومورلى ببناء جهاز حساس للغاية لدرجة أنه يقدر أي فرق في السرعة ولو بلغ جزء من ميل في الثانية رغم كبر سرعة الضوء. وقد سموا هذا الجهاز باسم جهاز التداخل **Interferometer** ويتركب من عدة مرايا مرئية بحيث إن شعاع الضوء يمكن أن ينشطر إلى شطرين ويتجهان في وقت واحد إلى اتجاهين متضادين. وقد أعدت التجربة ونفذت بعد متاعب عديدة رغبة في الحصول على أدق النتائج. بحيث لا تدع للشك مجالا.. وماذا كانت النتيجة ؟ لقد كانت بسيطة هكذا «لا فرق بين سرعتي الضوء في الاتجاهين » وكان من نتيجة تجربة ميكلسون ومورلى أنها جابهت العلماء بإحدى صعوبتين. إما أن يستبعدوا نظرية الأثير،رغم أنها فسرت كثيرا من الظواهر في الكهرباء والمغناطيسية والضوء. وإما أن يخالفوا نظرية دوران الأرض التي بدأها كوبرنيق إذا ما أصروا على استبقاء نظرية الأثير. وقد بلغ الحال ببعض علماء الطبيعة أنهم وجدوا من الأيسر عليهم الاعتقاد بأن الأرض ماكنة عما لو تصوروا أن الموجات مثل موجات الضوء وموجات الكهرطيسية. تنتشر بدون وسط كالأثير. ونشأت بذلك مشكلة خطيرة انقسم فيها العلماء إلى قسمين متعارضين لمدة ربع قرن. قدمت لحلولها عدة افتراضات ولكنها رفضت جميعاً. وقد حاول العلماء من مورلي وغيره تكرار التجربة ولكن النتيجة كانت دائما واحدة لا تتغير. هي أن سرعة الأرض خلال الأثير لا تزيد عن صفر.

كان أينشتاين ممن ساهموا في حل الإشكال الناتج من تجربة مكلسون ومورلى. وكان عندئذ ممتحن في مكتب تسجيل المخترعات في مدينة بيرن – إذ أنه في سنة ١٩٠٥ عندما كان في سن السادسة والعشرين من عمره، نشر بحثا صغيرا يقترح فيه حلا لهذا الإشكال بطريقة أدت إلى إيجاد عصر جديد، من صور الفكر الطبيعي. وقد بدأ رأيه باستبعاد نظرية الأثير. واستبعاد الرأي القائل بأن الفضاء نظام سدها كن ممكن الرجوع إليه لمعرفة الحركة الطاقة من الحركة النسبية ؛ فإن من الحقائق التي لا نزاع عليها نتيجة لتجربة ميكلسون ومورلى أن سرعة الضوء لا تتأثر بحركة الأرض. وقد أدرك ذلك أينشتاين بثاقب نظره، واستغل هذه الحقيقة وأعتبرها قانونا عاما. إذ أنه إذا كانت سرعة الضوء ثابتة بالنسبة لحركة الأرض، فلا بد أن تكون ثابتة أيضا بالنسبة لحركة الشمس أو القمر أو النجوم أو النيزك أو أي جسم آخر متحرك في الكون، ومن ذلك استنبط أينشتاين تعميم أوسع وأكد، أن أن قوانين الكون واحدة لكل الأجسام المتحركة بسرعة منتظمة. وهذا القول البسيط هو روح النظرية النسبية الخاصة لأينشتاين – إنها تتضمن مبدأ غاليليو عن النسبية. الذي نص على أن القوانين الميكانيكية واحدة لكل الأجسام التي تتحرك بسرعة منتظمة. ولكن تعبيرها أعم. لأن أينشتاين كان لا يفكر في القوانين الميكانيكية فحسب، بل في القوانين التي تتصل بالضوء والظواهر المغناطيسية الكهربية. وقد جمعها كلها في قانون أساسي هو «أن كل ظواهر الطبيعة وكل قوانينها واحدة لكل الأجسام التي تتحرك بسرعة منتظمة بالنسبة إلى بعضها البعض».

ولا تبدو أهمية كبيرة لهذا التصريح إذا نظرنا إليه نظرة سطحية. ولكنه يعيد ثقة العلماء وإيمانهم في التوافق الكوني القوانين الطبيعية، ويوحي إلى العلماء أن يوقفوا بحومهم في إيجاد إطار مطلق ثابت يعتبرونه مرجعا لهم في الكون، فإن الكون مكان غير هادي، فالنجوم والسدم والمجرات، وكل المجاميع المجرية في الفضاء الخارجي جميعها في حركة دائمة، ولا يمكن وصف سرعة إحداها إلا بالنسبة لبعضها البعض، إذ أنه لا توجد اتجاهات أو حدود الفضاء الكون، فإذا ما أراد العلماء إيجاد السرعة الحقيقية لأي جسم يجب عليهم أن يستخدموا سرعة الضوء كمرجع للقياس، لأن سرعة الضوء ثابتة خلال الكون، فهي لا تتأثر بسرعة مصدره أو بحركة مستقبلة، فالطبيعة لا تجود بمرجع مطاق ثابت. وكما قال عالم رياضي ألماني آخر هو «لا يبتز» الذي ظهر قبل أينشتاين بقرنين «الفضاء هو النظام أو العلاقة بين الأجسام بعضها البعض» فالفضاء لا شيء إذا لم توجد فيه الأجسام.

وكما رفض أينشتاين المكان المطلق، فإنه رفض أيضا الزمن المطلق، ذلك الزمن الثابت المنتظم غير المتغير من أول الخليقة إلى المستقبل المجهول، وإن كثيرا من الغموض الذي أحاط بنظرية النسبية إنما يرجع إلى أن الإنسان تعود على اعتبار الزمن حاسة، كحادية الألوان التي اعتبرها نوعا من الإدراك الحسي. وكما أنه لا يوجد شيء اسمه لون بدون عين تدركه. فكذلك لا يوجد شيء اسمه لحظة أو دراعة أو يوم

بدون حادث يحدده، وكما أن الفضاء عبارة عن نظام محتمل للأجسام المادية فكذلك الزمن عبارة عن نظام من الحوادث. ويمكن شرح ذاتية الزمن بعبارات أينشتاين نفسه «إن تجارب أي شخص تبدو لنا مرتبة في سلسلة من الحوادث، وفي هذه السلسلة نجله أن الحادث الواحد الذي نذكره لا بد أن ننسبه إلى الاصطلاح المعروف «ما قبل» و«ما بعد»، فكأن الوقت بالنسبة للشخص ذاتي.. وهذا لا يمكن قياسه بالنسبة لنفسه. وفي الحقيقة يمكنني أن أقرن أعداد من الحوادث بطريقة تجعل العدد الكبير يمثل الحوادث المتأخرة والعدد الأصغر يمثل الحوادث المبكرة، وهذا الاقتران يمكن تمثيله بالأعداد التي تثبتها ساعة الحائط، وذلك بمقارنة نظام الحوادث المبينة بالساعة بنظام تسلسل الحوادث. وتعرف الساعة بأنها جهاز يبين تسلسل الحوادث بأرقام يمكن حسابها».

والواقع أننا ندرك الزمن إدراكا موضوعيا عندما نشير بأحداثنا إلى الساعة، ومع ذلك فإن فترات الزمن المبينة بالساعة أو بالتقويم لا يمكن اعتبارها كميات مطلقة فرضت على الكون بحكم إلهي.

فكل الساعات التي يستخدمها الإنسان قد ضبطت على نظامنا الشمسي، وما نسميه ساعة زمن هو في الواقع مقياس القوس مقداره خمس عشرة درجة في الفضاء من درجات الدوران الظاهري لكرتنا الأرضية. وما نسميه سنة إنما هو عبارة عن مقياس لدرجة مسار الأرض في مدارها حول الشمس، ولكن أي إنسان يسكن المريخ يجده للوقت

دلالة أخرى مخالفة. لأن المريخ يكمل دورته حول الشمس في ٨٨ يوما من أيامنا، ويستغرق هذه المدة نفسها عندما يدور حول محوره، ولذلك فإن اليوم والسنة يتساويان عنده كان المريخ، ومعنى هذا أن الأوقات التي نعرفها ونحن على الكرة الأرضية لا معنى لها عندما ينقلنا العلم بعيدة عن الشمس. وذلك لأن نظرية النسبية تبين لنا أن لا معنى للزمن بدون إرجاعه إلى نظام ينسب إليه، فلا معنى لكلمة «الآن إلا إذا نسبت إلى مرجع أو إلى نظام تنسب إليه. ولنضرب لذلك مثلا، فإن شخصا ما في نيويورك قد يطلب صديقة له في لندن بالتليفون، ولو أن الساعة في نيويورك تبين السابعة بعد الظهر إلا أن الساعة في لندن تشير إلى منتصف الليل، ومع ذلك فإننا نقول إنهما يتحادثان في نفس الوقت. والسبب في ذلك أنهما كلاهما من سكان نفس الكوكب أي كوكب الأرض. وساعتهما مضبوطة على النظام الشمسي. وهناك مثال آخر ولكنه معقد، وهو حال شخص يسكن في نجم يسمى أركتورس **Arcturus** وماذا يمكن أن يحدث فيه «الآن» فهذا النجم يبعده عنا بمسافة يقطعها الضوء في ثلاثين عاما. أي يبعد عنا بمسافة ثلاثين مدينة ضوئية والسنة الضوئية تبلغ نحو ستة تريليون سنة. فإذا حاولنا الاتصال بهذا النجم بوساطة اللاسلكى «الآن» فإن رسالتنا اللاسلكية تصل إليه بعد ٣٨ عاماً ولا يصل الرد إلينا إلا بعد ٣٨ مدينة أخرى وعندما نتطلع إلى هذا النجم «أركتوراس» ونقول إننا نراه الآن مدينة ١٩٥٥ فإنما نرى في الواقع شبحاً أو صورة تكونت على شبكية العين

وترجمتها أعصاب البصر بسبب سقوط أشعة ضوئية تركت مصدرها منذ سنة ١٩١٨.

* * *

وعلى الرغم من هذه التأملات فإنه من الصعوبة بمكان على سكان هذه الأرض أن يتقبلوا هذه الفكرة القائلة بأن هذه اللحظة التي نسميها "الآن" لا يمكن أن تنطبق على جميع أنحاء الكون. ومع ذلك فإن أينشتاين قد برهن في نظريته النسبية الخاصة بما لا يقبل الشك بأنه من السخف الاعتقاد بوقوع حوادث في وقت واحد في عالم غير متصلة أجزاؤه، وبنى تعليلاته على الأسس التالية: إن رجال العلوم الذي يبني مهمته في وصف الحوادث الطبيعية على مصطلحات موضوعية لا يستطيع أن يستخدم كلمات ذاتية مثل «هذا، در هنا»، «الآن» فلا يمكنه أن يتصور الفضاء والزمن على أساس دلالات طبيعية إلا بعد تحديد وتعريف العلاقات بين الحوادث والمجاميع الكونية. ولا بد أن ينسب المقادير الموجودة في إحدى المجاميع إلى تلك الموجودة في مجموعة أخرى. وذلك في حالة دراسية موضوعات خاصة بالحركات المعقدة مثل الميكانيكا الأرضية، والكهرباء الديناميكية، وهذه القوانين الرياضية التي تحدد هذه العلاقات (تعرف) باسم قوانين الاستحالة. ويمكن توضيح ابسط أمثلة هذه القوانين، وهي حالة شخص يسير فوق سفينة متحركة ا فإذا سار فوق السفينة إلى الأمام بسرعة ٣ ميل في

الساعة، وكانت السفينة تسير خلال مياه البحر بسرعة ١٥ ميلا في الساعة فإن سرعة الشخص بالنسبة للبحر تبلغ ٩ أميال في الساعة، وإذا سار فوق السفينة ضد اتجاهها فإن سرعته في هذه الحالة تبلغ ٩ أميال في الساعة. وهناك مثال آخر وهو حال محطة سكة حديدية بها ناقوس، فإذا ما دق هذا الناقوس عند قدوم قطار فإن موجات الصوت المنبعثة من الناقوس تنتشر خلال الهواء المحاور المحطة بسرعة ٤٠٠ ياردة في الثانية، إذا ما كانت سرعة القطار المقترب من المحيطة في ٢٠ ياردة في الثانية فإن سرعة الصوت بالنسبة إلى القطار تبلغ ٤٢٠ ياردة في الثانية طالما كان القطار مقتربا من الناقوس، ولكنها تبلغ ٣٨٠ باردة في الثانية مجرد أن يمر القطار بذلك الناقوس. وهذه الإضافات البسيطة لسرعتين أو أكثر مبنية على المشاهدات اليومية الواضحة، وطبقت مثل هذه القواعد الخاصة بمحصلة السرعات منذ عهد غاليليو، وتنشأ عدة صعوبات عند ما تريد تطبيقها في حالة الضوء وقد بين آينشاين في بحثه الأول عن النظرية النسبية ما يؤكد هذه الصعوبات مثال آخر من أمثلة محاط السكة الحديدية – ولكنه رأي في هذا المثال أن يتخذ إشارة ضوئية (بدلا من الإشارة الصوتية من الناقوس) وسرعة انتشار هذه الإشارة الضوئية تبلغ ١٨٦,٢٨٤ ميلا في الثانية و يرمز علماء الطبيعة السرعة الضوء برمز ص وسرعة القطار أمام الإشارة الضوئية إليها بالرمز د. و يمكن استنباط سرعة الضوء بالنسبة للقطار بأنها تبلغ ص + س حسب قانون محصلة السرعات. وذلك في حالة قدوم القطار نحو

مصدر الإشارة الضوئية. أما في حالة ابتعاد القطار من المحيط فإن محصلة السرعتين تبلغ ص– س.

ولكن هذه التجربة تتعارض مع نتائج تجربة ميكلسونه ومورلى التي بينت أن سرعة الضوء لا تتأثر بحركة مصدر الضوء أو حركة المستقبل – وهذه الحقيقة الغربية أيدتها الدراسات الفلكية الخاصة بالنجوم المزدوجة، التي تدور حول مركز مشترك. وقد بينت هذه الدراسات أن الضوء الواصل إلى الأرض من النجم المبتعد يصل في نفس الوقت الذي يصل فيه ضوء النجم المقترب. وحيث إن سرعة الضوء مقدار ثابت في الكون ولا يمكن أن تتأثر هذه السرعة في حالة مثال القطار الذي اتخذه أينشتاين وحتى إذا تخيلنا سرعة القطار قد بلغت ١٠,٠٠٠ ميل في الساعة، فإن مبدأ ثبات سرعة الضوء ختم القول بأن شخصا فوق القطار، لابد أن تجد سرعة الضوء القادم إليه تبلغ ١٨٤,٢٨٤ميلا في الثانية لا أكثر ولا أقل.

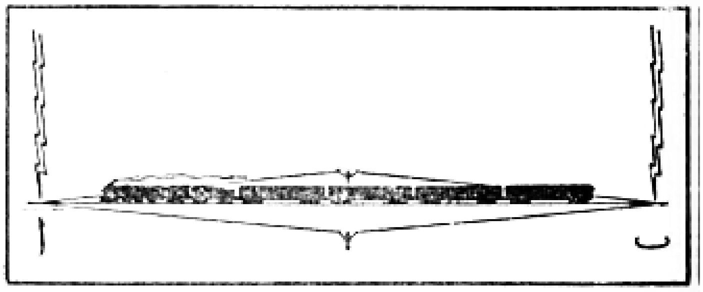
وإن المشكلة الناتجة من هذا الموقف لمن أكبر المشكلات. بل إنها تعتبر لغزا من أكبر ألغاز الكون. ويرى أينشتاين أن هذه المشكلة ناتجة من تضارب الرأيين، الرأي الأول أن سرعة الضوء ثابتة في الكون، والرأي الثاني محصلة السرعات ولو أن الرأي الثاني هذا مبني على حقيقة حسابية (أي أن اثنين واثنين تساوى أربعة) فقد عرف أينشتاين بأن الرأي الأول قد بني على قانون أساسي في الكون، ومن ذلك وجد أنه من الضروري استنباط قاعدة

جديدة للحصالات تعاون العلماء على وصف العلاقات بين مجموعتين متحركتين بطريقة تتفق مع الحقائق المعروفة عن الضوء.

* * *

وقد وجد آينشتاين ضالته في عدة معادلات استنطبها الرياضي الهولندي لو رانتز(٢) في بحث رياضى خاص، ولو أن تطبيقاتها الأصلية تعتبر في ذمة تاريخ العلوم. إلا أن هذه المعادلات تعتبر الأساس الرياضي النظرية النسبية ولكي تدرك ما تقوله هذه المعادلات لا بد لنا من أن نتعرف على عيوب النظرية القديمة الخاصة بإضافة السرعة، وقد أشار أينشتاين إلى هذه العيوب بوساطة مثال آخر من أمثلة السكة الحديدية وألغازها. فقد تصور شريطا مستقيما السكك الحديدية وفي هذه المرة جعل شخص يجلس على الرصيف بجوار الشريط، فإذا حدث برق وسقطت في نفس الوقت ضربتان من البرق على الشريط في وكانين منه منفصلين مثلا،با. وهنا يسأل أينشتاين "ماذا تقصد بكلمة" نفس الوقت، ولتثبيت هذا التعريف افترض أن الشخص يجلس في منتصف المسافة بين المكانين ا، ب وأنه مجهز بمرايا تمكنه من مشاهدة ا، ب في نفس الوقت بدون تحريك عينيه، فإذا ما سجلت المرأتان إضاءة ضربتى البرق في نفس اللحظة بوساطة الانعكاس، فإنه يمكننا اعتبار الإضاءتين كأنهما حادثتان في نفس الوقت. وعندما يقبل القطار مسرعاً على الشريط

(2) H. A. Lorentz



وكان يجلس فوق إحدى عرباته شخص آخر مجهز أيضا تمثل المرايا التي دع الشخص الجالس على الرصيف. وتصورنا أن الشخص المتحرك جاء في محاذاة الشخص الذي على الرصيف في نفس اللحظة التي يحدث فيها البرق عند ا ب. وهنا نسأل: هل تبدو ضربتا البرق في نفس الوقت هذا الشخص الذي على القطار؟ والجواب على ذلك «لا إن يبدو هذا.. وذلك لأنه إذا افترضنا أن القطار كان مبتعدا عن ضربة البرق عند «ب» ومتحرك نحو ضربة البرق عند أي فن الحلي آن ضربة ف سوف تسجل بعد ضربة «ا» بجزء من الثانية. ولكيلا لا يخامرنا أي شك في هذه النتيجة. فالمتصور أن القطار يسير بنفس سرعة الضوء أي بسرعة ٢٨٤ و١٨٦ ميلا في الثانية، وهي سرعة يستحيل على القطار إدراكها واقعيا. ومع ذلك في هذه الحالة الخيالية نلاحظ أن سرعة انتشار إضاءة "ب" هي نفسها سرعة انتشار إضاءة «ا» ولذلك فإن المرايا لا تسجل إضاءة «ب» إطلاقاً، لأنها أن تستطيع إدراك القطار المتحرك بنفس السرعة – أي أن الشخص الراكب على القطار يدرك ويؤكد وقوع ضربة واحدة فقط من ضربتي البرق. وكيفما كانت سرعة

القطار فإن الراكب على هذا القطار سوف يؤكد داعما أن ضربة البرق "أ" التي أمامه سوف تسجل دائما قبل غيرها – ومن هنا كانت ضربتا البرق اللتان تبدوان كأنها تحدثان في نفس الوقت » الشخص الجالس على الرصيف لا تبدوان كذلك بالنسبة إلى الشخص الجالس فوق القطار.

وهذا التناقض الظاهر في تجربة ضربتي البرق توضح أصعب وأعمق فلسفة أينشتاين، وهي نظرية «نسبية الوقت الواحد، وهذه النظرية تبين أن الإنسان لا يمكن الافتراض أن إدراكه الذاتي لما نقصده من كلية «الآن» ينطبق على جميع أجزاء الكون، وذلك لأن أينشتاين يشير إلى أن «كل مرجع من الأجسام له زمنه الخاص فلا معني لتحديد زمن حادثة إن لم نعلم مرجع الجسم الذي يشير إليه ذلك الزمن، ومن هنا كانت نظرية إضافة السرعة مؤدية إلى الخديعة بسبب الافتراض المستنبط القائل بأن الفترة الزمنية لحادثة ما مستقلة عن حالة حركة الجسم المتخذ مرجية، في حالة الشخص الراكب فوق سطح السفينة كان مفروضا أنه سار ثلاثة أميال في الساعة، كما بينتها ساعة الحائط في السفينة نفسها. وسرعته هذه ستكون نفس السرعة التي بينها ساعة مثبتة في مكان ما على سطح البحر. وقد افترض أيضا أن المسافة التي قطعها في ساعة هي نفسها سواء قيست بالنسبة إلى سطح السفينة في (الجسم المتحركة) أم بالنسبة إلى البحر وهو الحميم الساكن في هذه الحالة. وهذا يبين خديعة أخرى في نظرية إضافة السرعة لأن المسافة مثل الزمن. كل منها شيء نسبي

فلا معنى لمسافة مستقلة عن حالة الحركة للجسم المتخذ مرجعاً.

ومن هنا أكد أينشتاين أن العلماء الذين يرغبون في وصف ظواهر الطبيعة على أسس صالحة لكل النفطم الكونية، يجب عليهم أن يعتبروا أن الزمن والمسافة كميتان متغيرتان، وهذا ما تعمله معادلات لورانتز، فإنها تعتبر أن سرعة الضوء مقدار ثابت من ثوابت الكون، وتعدل جميع الأقيسة من مقاييس الزمن والمسافة حسب سرعة كل مرجع. ولذلك فإن لورانتز قد عدل معادلاته لتوافق مشكلة نوعية. ولكن أينشتاين جعل تلك المعادلات أساسا لتعميم كبير،. وقد أضاف قاعدة أخرى بجانب نظرية النسبية: وهي أن قوانين الطبيعة تحافظ على انسجامها إذا ما نسبت إلى معادلات لورانتز. وهذه القاعدة تبدو عويصة بالنسبة لرجل الشارع حينما تذكر بطريقة رياضية مجردة، ولكن المعادلة في نظر علماء الطبيعة ليست مجردة خالصة، إنها نوع من التعبير الاختزالي يجدها العلماء ميسرة لهم في وصف مظاهر الطبيعة، وهي أيضا نوع من أنواع حجر رشيد يعين العلماء على حل طلاسم المعرفة، ومن هنا استطاع اينشتاين أن يستنبط ما كتب في رسالة معادلات لورانتز عددا من الحقائق عن طبيعة الكون تعتبر جديدة وجريئة.

يمكن وصف هذه الحقائق في حدود معينة؛ وذلك لأن أينشتاين رغبة منه في أن يستنبط الأسس الفلسفية والرياضية النسبية، كان عليه أن يختبرها جميعاً في المعامل، حيث يوضع كل مجرد مثل الوقت والمسافة تحت الاختبار والقياس بوساطة أجهزة كالساعات والمساطر. وقد أشار إلى ضرورة وصف الساعة والمساطر بأوصاف غير منتظرة. وذلك لكي يترجم آراءه الأساسية عن الزمن والمسافة إلى لغة المعامل. وقد ضرب لذلك مثلا – فالساعة الملصقة بجسم متحرك تسير بسرعة غير الساعة الساكنة، والمسطرة الملصقة بجسم متحرك يتغير طولها أثناء حركتها حسب سرعة هذا الجسم؛ وبصفة خاصة مميزة فإن الساعة تؤخر كلما زادت السرعة. والمسطرة تنكمش و يقل طولها في اتجاه حركتها. وهذه التغييرات الغريبة لا علاقة لها بتكوين الساعة أو تركيب المسطرة، فالساعة يمكن أن تكون من نوع ساعة الحائط ذات البندول، و يمكن أن تكون سماعة جيب ذات الزنبرك، ويمكن أن تكون ساعة رملية، والمسطرة ممكن أن تكون من الخشب، أو من المعادن أو من نوع الشريط المعدني طوله عشرة أميال؛ فتأخير الساعة وانكماش المسطرة ليسا من الظواهر الميكانيكية – فالشخص المرافق للساعة والمسطرة لا يمكن أن يلاحظ هذه التغييرات. أما إذا كان الشخص ساكناً "أي ساكناً

بالنسبة للجسم المتحرك" فإنه يمكنه أن يلاحظ أن الساعة المتحركة قد تأخرت بالنسبة إلى الساعة الساكنة، وأن المسطرة المتحركة قد انكمشت بالنسبة إلى وحدات القياس الساكنة.

وهذا السلوك المنفرد للساعة والمسطرة المتحركتين. إنما مرجعه ثبات سرعة الضوء؛ وهذا السلوك أيضا يعلل لماذا يلاحظ الأشخاص أن الضوء يصل إلى أجهزتهم ويبتعد عنها بنفس السرعة سواء أكانوا ساكنين أم متحركين ؟ وذلك لأنه كلما قاربت سرعاتهم من سرعة الضوء كلما زاد مقدار تأخير ساعاتهم. وكلما زاد انكماش مساطرهم، أي أن جميع قياساتهم تصل إلى المقادير التي يلاحظها الأشخاص الساكنون نسبيا. فالقوانين التي تبين مقدار الانكماش هى معادلات لورانتز وهي بسيطة للغاية، فكلما زادت السرعة كلما زاد الانكماش، والمسطرة التي تصل سرعتها إلى ما يقرب من سرعة الضوء بدرجة ٩٠٪ من سرعة الضوء مثالا سوف تنكمش إلى نصف طولها و يزداد مقدار الانكماش بعد ذلك، حتى إذا وصلت سرعة المسطرة إلى سرعة الضوء نفسها، فإنها سوف تنكمش إلى درجة يصل طولها إلى الصفر. وبالمثل فإن الساعة المتحركة بسرعة الضوء سوف تقف تماما، وينتج عن ذلك أن جميع الأجسام لا تستطيع أن تصل إلى سرعة الضوء مهما كانت القوى الحركة هذه الأجسام.

وهكذا نجد أن نظرية النسبية توضح قانونا أساسيا آخر من قوانين الكون وهو:

"أن سرعة الضوء في الحد الأعلى لجميع السرعات في الكون – وهذه الحقائق تبدو لأول وهلة صعبة لا يمكن إدراكها، ولكن ذلك يرجع إلى أن علم الطبيعة الكلاسيكية، قد افترض بدون وجه حق أن الأجسام تحافظ على أبعادها سواء أكانت في حركة أم في سكون، وأن الساعة تحافظ على نفس دقاتها في السكون أو الحركة على السواء – والعادة هي التي تملى عليها ضرورة هذا القول. ولكن أينشتاين أشار إلى أن هذه العادات والمعقوليات إنما هي رواسب من التعصب رسخت في عقولنا قبل سن الثامنة عشرة، وكل رأي جديد بعد هذه السن لا بد أن يصطدم مع الآراء القديمة. ولكن تحرر أينشتاين من قيود تلك الآراء المعتادة هو الذي أعانه على أن ينفذ إلى حقائق الكون، ويقترب منها أكثر مما فعل أي عالم آخر من قبله. فقد تساءل لماذا ندهش من أن الساعة المتحركة تؤخر؟ وأن المسطرة تنكمش؟ ولماذا لا ندهش من العكس؟. والسبب يرجع إلى أن الطبيعة الكلاسيكية قد اتخذت لنفسها الرأي الأخير كأنه قضية مسلم بها. ولأن الإنسان في حياته اليومية لم يعرف سرعة كبيرة تستطيع أن تجعل هذه التغيرات واضحة له، فإن مقدار الانكماش في المسطرة أو التأخير في الساعة صغير جدا لامكن إدراكه باقيا في حالات السرعة الخاصة بالسيارة أو الطائرة أو الصاروخ، ولكن هذه المقادير تصبح كبيرة وتمكن إدراكها في حالة ما إذا وصلت السرعة إلى ما يقرب من سرعة الضوء، فمعادلات لورينتر تين بكل وضوح أنه في حالة السرعات العادية أجد التغيرات في فترات الزمن أو المسافات

تقرب من صفر. فنظرية النسبية لا تتعارض مع الطبيعة الكلاسيكية، إذ أنها تعتبر الأفكار المعتادة القديمة كأنها حالات خاصة تنطبق على شئون الحياة العادية للإنسان.

* * *

وهكذا نجد أن أينشتاين بثاقب نظره وحواسها النفاذة قد تغلب على جميع الصعوبات التي اصطنعها الإنسان عند تحريفه للحقيقة، فالنظرية الكمية قد بينت أن الجزيئات الصغيرة للمادة تغاير الجزيئات الكبيرة في بلوكها. فكذلك نرى النسبية لا تستطيع تقدير ظواهر السرعات الكبيرة من ظواهر السرعات العادية التي تراها أعيننا العاجزة القياصرة – ولا يمكننا أن نفترض أن قوانين النسبية تختص بحوادث استثنائية بل إن العكس هو الصحيح، إذن إنها تصور لنا الكون الكبير المعقد بصورة واضحة تظهر فيها الحوادث الأرضية العادية كأنها حالات استثنائية – والعلماء الحاليون عندما يتعاملون مع السرعات الكبيرة التي تملأ عالم الذرة أو التي تملأ الفضاء والزمان الرحيبين في الكون، يجدون أن قوانين نيوتن القديمة غير ملائمة إطلاقا ولكن النسبية هي التي تصبح لنا دائما في جميع الحالات الخاصة بوصف الكون وصفا دقيقاً.

وقد أيدت التجارب صحة قوانين أينشتاين. وهناك تجربة مشهورة أيدت صحة تأخر الساعة المتحركة وهذه التجربة هي التي أجراها هـ ي. إيفز **H.E.Eves** سنة ١٩٣٦ معامل تليفون «بل، فإنه يمكن اعتبار أن

الذرة المشعة كأنما هي ساعة، ولكنها تشع ضوءا ذا تردد محدد وطول موجة محددة يمكن قياسهما بكل دقة بوساطة جهاز السكر وسكوب (أو المطياف). وقد قارن إيفز الضوء المنبعث من ذرات الإيدروجين المتحركة بسرعات كبيرة بالضوء المنبعث أن ذرات الإيدروجين الساكنة، وقد وجد أن التردد الخاص بالذرات المتحركة أقل من تردد الذرات الساكنة، بما يتفق تماما مع ما يستنبط من قوانين أينشتاين، ولا بد أن يهتدي العلم إلى إثبات على آخر هذه النظرية. وحيث إن كل حركة دورية تصلح لأن تكون مقياسا للزمن، فإن أينشتاين قد أشار إلى أن قلب الإنسان يمكن اعتباره نوعا من الساعات الدقاقة، وحسب قوانين النسبية فإن ضربات قلب إنسان تتحرك بسرعة تقرب من سرعة الضوء لابد أن تقل، وهي عملية تتماشى مع ما يحدث للإنسان في حركته السريعة من إفراز عرق وعمليات فسيولوجية أخرى، ولكن هذا الإنسان سوف لا يستطيع أن يدرك نقصان ضربات قلبه وذلك لأن ساعته سوف تؤخر في الأخرى بنفس النسبة. ولكن أي شخص ساكن يراقب ذلك الشخص المتحرك يستطيع أن يدرك أنه لا يكبر ويعجز كما يجب – أي سوف يراه يكبر ببطء – و يمكننا أن تتصور في عالم الخيال استطاعة الإنسان أن يركب صاروخ ذرية يسبح في الفضاء وتصل سرعته إلى ١٦٧,٠٠٠ ميل في الثانية، ويستطيع أن يعود إلى الأرض بعد عشر سنوات فيجد نفسه لم يزد في العمر إلا بمقدار خمس سنوات فقط.

وصف ميكانيكا الكون

إذا أردنا وصف ميكانيكا الكون وصفة طبيعياً لابد لنا من الرجوع إلى ثلاث كميات هي: الزمن، المسافة، الكتلة: وحيث إن الزمن والمسافة إنما هما كميتان نسبيتان فاعله من الأفضل إذن افتراض أن كتلة الجسم لا بد أن تتغير هي الأخرى حسب حركته. والحق أن أهم النتائج العملية لنظرية النسبية إنما هي نسبية الكتلة.

فالكتلة هي الوزن في الكلام العادي، ولكن علماء الطبيعة يبينون أن الكتلة تخالف الوزن في صفة هامة، وهي أنها الصفة التي تقاوم حالة الحركة. فكلما ازدادت الكتلة كلما ازدادت القوة اللازمة لتحريكها فالسيارة الضخمة تحتاج عند تحريكها إلى قوة أكبر مما تحتاجه السيارة الصغيرة. فالكتلة في نظر الطبيعة الكلاسيكية، إنما هي صفة ثابتة غير متغيرة، فكتلة سيارة صغيرة لابد أن تبقى ثابتة لا تتغير سواء أكانت ساكنة على جانب الطريق أم متحركة فيه بسرعة ستين ميلا في الساعة، أم متحركة في الفضاء الخارجي بسرعة ٦٠,٠٠٠ ميل في الثانية. ولكن نظرية النسبية تؤكده أن كتلة الجسم المتحرك غير ثابتة إطلاقا. بل إنها تزداد كلما ازدادت السرعة. وقد عجزت الطبيعة القديمة عن كشف هذه الحقيقة، بسبب عجز حواس الإنسان وأجهزته غير الدقيقة التي لم تستطع تقدير الزيادات البسيطة الناتجة في الكتلة من ازدياد السرعة –

وزيادة سرعة الجسم المتحرك لا تتضح ولا تدرك إلا عندما تصل سرعته إلى ما يقرب من سرعة الضوء. وهذه الظاهرة لا تتعارض مع القول بانكماش طول الجسم، ورب بدائل يسأل «كيف أن الجسم ينكمش وفي نفس الوقت تزداد كتلته؟» ويجب أن يلاحظ أن الانكماش لا يحدث إلا في اتجاه الحركة. أما العرض والاتساع فلا يتغيران ولا يتأثران. ومع ذلك فإن الكتلة ليست الثقل بل إنها الخاصية المقاومة للحركة.

ومعادلة أينشتاين الدالة على ازدياد الكتلة مع ازدياد السرعة إنما هى حامى معادلات النسبية. ولكن نتائجها بالغة الأهمية، وهذه المعادلة هي:

$$\text{ك} = \frac{\text{ك}_{.}}{\sqrt{\text{١} - \frac{\text{ع}^{\text{٢}}}{\text{ص}^{\text{٢}}}}}$$

حيث ك هي كتلة المتحرك بسرعة ع،. هي كتلته وهو ساكن أي وسرعته صفر – ص هي سرعة الضوء. وكل من درس قواعده علم الجبر يمكن أن يدرك أنه كلما كانت صغيرة كلما كان الفرق بين ك، ك. صغيرة جدا يمكن اعتباره صفرا من الناحية العملية، ولكن عندما تصل ع إلى قرب ص فإن الزيادة في السرعة في هذه الحالة تصبح كبيرة جدا. وتصل في الكبر إلى ما لا نهاية عندما تصل سرعة الجسم إلى سرعة الضوء نفسها. وحيث إن الجسم الذي تصل كتلته إلى ما لا نهاية لا بد أن تقاوم

حركته مقاومة لانهائية فإنه ينتج من ذلك أن أي جسم لا يمكن أن تصل سرعته إلى سرعة الضوء. وقد تمكن العلماء من تحقيق مبدأ ازدياد الكتلة تحقيق عمليتا واستطاعوا إجراء التجارب التي تثبت صحتها.

فإن الكهرب المتحرك في مجال كهربي قوي وجزيئات «بيتا» التي تنطلق من نواة مادة مشعة تصل سرعاتها إلى ما يقرب من ٪۹۹ من سرعة الضوء. وعلماء الطبيعة الذرية التي تهتم بمثل هذه السرعات الكبيرة قد وجدوا أن الزيادة في كتلة الجسم على أساس النظرية النسبية إنما هي حقيقة واقعية لا يمكن إغفالها. وهناك أجهزة علمية حديثة صممت لكي تعمل على السماح لزيادة كتلة الجزيئات بزيادة سرعاتها إلى ما يقرب من سرعة الضوء.

وقد وصل أينشتاين إلى نتائج بالغة الأهمية للعالم باستنباطاته العديدة من النظرية النسبية الخاصة بالكتلة. وقد كانت مراسلة تحليلاته كما تأتي:

حيث إن كتلة الجسم المتحرك تزداد بازدياد سرعته. وحيث إن الحركة هي نوع من الطاقة (طاقة حركة) فإن مقدار الكتلة الزائدة للجسم المتحرك تنتج من طاقته الزائدة. وبالاختصار فإن الطاقة كتلة. وقد استطاع أينشتاين إيجاد مقدار الكتلة المعادلة لوحدة الطاقة، وقد عبر عنها بالمعادلة ك = الطاقة/ ص۲ ومن ذلك استطاع العلماء استنباط أهم معادلة تاريخية في حياة العالم وهي أن.

الطاقة = ك × ص۲

وقد لعبت هذه المعادلة دورة خطيرة في إنتاج القنبلة الذرية، وأصبحت معادلة معروفة لدى جمهرة قراء الصحف. وهي تنص باختصار على أن الطاقة المختزنة في أي جزء من جزيئات المادة تعادل مقدار كتلة الجسم مقدرة بالجرام مضروبة في مربع سرعة الضوء (مقدرة بالسنتيمترات في الثانية) و يمكن إدراك أهمية هذه العلاقة عندما تترجم إلى أمثلة عملية. فإن الكيلوجرام من الفحم إذا حول جميعه إلى طاقة فإنه سوف يعطى ٢٥ بليون كيلوات ساعة من وحدات الكهرباء، أو ما يعادل كل إمدادات المحطات الكهربية بالولايات المتحدة التي تنتجها في مدة شهرين بلا توقف.

وهذه المعادلة الطاقة = ك × ص٢ تحل مشاكل عديدة من مشاكل علم الطبيعة. وتشرح كيف أن المواد المشعة مثل الراديوم واليورانيوم تستطيع أن تطلق جزيئات بسرعات كبيرة. وتستمر على ذلك لملايين السنين، وتعلل أيضا كيف أن الشمس وجميع النجوم تستطيع الاستمرار في إشعاع الضوء والحرارة لبلايين السنوات. إذا أنه لو افترضنا أن الشمس تفقد كتلتها بعمليات الاحتراق العادية لماتت الأرض وتجمدت منذ أقدم الأزمنة. وهذه المعادلة تكشف أيضا عن مقدار الطاقة المختزنة في نواة الذرة، وهي أيضا تقدر كتلة اليورانيوم المطلوبة في قنبلة ذرية لإبادة مدينة. وأخيرا فإنها تكشف الغطاء عن سر كثير من الحقائق الأساسية في الطبيعة. وقبل ظهور النظرية النسبية صور العلماء

حقيقة الكون على أساس أنه إناء يحتوى عنصرين هامين هما: المادة، الطاقة: واعتبروا المادة كأنها شيء خامل ملموس يمكن تمييزه بشيء يسمى الكتلة.

أما الطاقة فقد اعتبروها كأنها شيء نشيط غير منظور وبدون كتلة. ولكن أينشتاين قد بين أن الطاقة والكتلة متعادلتان، فالخاصية التي تسمى كتلة ما هي إلا طاقة مركزة، ومعنى آخر فإن المادة طاقة، والطاقة مادة، وأحدهما حالة وقتية للآخر.

وقد حلت مشاكل عديد من مشاكل الحياة والكون على أساس هذا المبدأ، الذي استطاع أن يفسر التداخل بين المادة والإشعاع، ويمنع التضارب الذي يبدو من اعتباره مرة نتيجة تجمع جزيئات، ومرة أخرى على أنه تقابل موجات، كما أنه أوضح الغموض البادي من ازدواج وظيفة الإلكترون كأنه وحدة الكتلة ووحدة الكهرباء وموجات الكهارب، والفوتون، وموجات المادة، وموجات الاحتمالات، وموجات الكون – كل هذه الأشياء تبدو أقل غموضا إذا فسرت على أساس النظرية النسبية، لأنها جميعا تصف مظاهر مختلفة لحقيقة واحدة.

فالمادة والطاقة يمكن تحويل إحداهما إلى الأخرى، فإذا ما أطلقت للمادة كتلتها وسارت بسرعة الضوء، فإننا نسميها عندئذ إشعاعاً أو طاقة. والعكس صحيح كذلك. أي أنه إذا خمدت الطاقة وأصبحت غير فعالة وأدركنا كتلتها، فإننا نسميها عندئذ مادة. وقد استطاع الإنسان

تحويل إحداهما إلى الأخرى منذ ١٦ يوليو سنة ١٩٤٥ لأنه في هذا اليوم استطاع أن يحول مقدار محددة من المادة إلى ضوء وحرارة وصوت وحركة، وهي ما نسميها جميعا بالطاقة. وقد حدث ذلك في «الأموجوردو» **Alamogordo** في نيومكسيكو.

* * *

ومع ذلك فإن الغموض الأساسي عن الكون لا يزال باقيا، فإن تقدم العلوم واتجاهها نحو توحيد الآراء فيما يختص بتوحيد الكتلة وعناصرها الأساسية. وتوحيد «القوى» مع «الطاقة» وتوحيد الكتلة والطاقة إلى كمية موحدة أساسية. رغم هذا التوحيد فإنه لا يؤدي إلى المعرفة بل إلى المجهول وتتركز الأسئلة العديدة في سؤال واحد لا يمكن الإجابة عليه. وهذا السؤال هو (ما هو أساس موضوع الكتلة والطاقة. وما هو أساس الحقيقة الطبيعية التي يحاول العلم الكشف عنها والاهتداء إليها؟)

ومن هنا ندرك أن النسبية مثل نظرية الكم تبعد الإنسان عن الكون الذي تخيله نيوتن وتبنيه على أساس من الفضاء والزمن وتصوره كأنه آلة عظيمة يمكن إدارتها ولا تخطيء.

وقوانين أينشتاين عن الحركة ونظريته الأساسية عن نسبية المسافة والزمن والكتلة، واستنباطاته العديدة من هذه القوانين كلها تدخل في نطاق نظرية النسبية الخاصة. وبعد إعلان هذه النظرية بعدة سنوات لجأ

أينشتاين إلى توسيع نطاق نظامه العلمي والفلسفي، وأعلن نظرية النسبية العامة التي درس فيها القوة العجيبة التي توجه حركات النجوم والمذنبات والشهب والمجرات وكل الأجسام المتحركة من حديد وحجارة وبخار ولهب التي تتحرك في الفضاء المتسع الغامض. وقد سمى نيوتن هذه القوة باسم «الجاذبية العامة» في حين أن أينشتاين تصور الجاذبية على صورة أخرى استطاع أن ينفذ منها إلى تركيب الكون وتشريحه كمجموعة.

الأبعاد الأربعة

يقول أينشتاين إن غير الرياضيين «أي غير العالمين بالرياضة» يكتنفهم الغموض عندما يسمعون عن «الأبعاد الأربعة» ويعتقدون أن ذلك ضرب من الخيال. وعلى الرغم من ذلك فإن القول بأن العالم الذي نعيش فيه عبارة عن كون متصل ذي أربعة أبعاد هو قول واضح صريح.

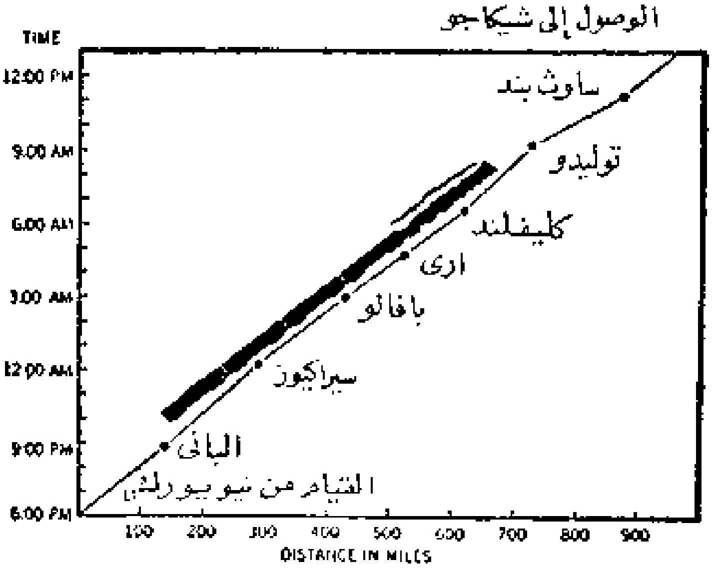
ولإدراك معنى متصل يمكننا أن نقول إن المسطرة عبارة عن متصل ذي بعد واحد. ومعظم المساطر تقسيم إلى عدد من البوصات، وأجزاء من البوصة تصل إلى جزء من ستة عشر جزء من البوصة.

ويمكننا أن نتصور مسطرة مقسمة إلى أجزاء كل جزء (يبلغ جزءا من مليون) أو جزء من بليون من البوصة، ولا يوجد أي عائق نظري يعوق دون الوصول إلى تقسيمات أقل. والخاصية المميزة للمتصل هي أن المسافة الفاصلة بين أية نقطتين فيه، يمكن تقسيمها إلى عدد اختياري لانهائي من المسافات الصغيرة.

إن شريط السكة الحديدية عبارة عن متصل من بعد واحد، ويمكن لأي مهندس من مهندسي السكك الحديدية أن يحدد موضعه عليه في أي وقت بتحديد نقطة هندسية عليه، ولتكن هذه النقطة محطاً من المحاط، أو عمودا من الأعمدة. وقبطانان البحرية عليه أن يحدد موضعه

بتحديد بعدين. إذ أن سطح البحر عبارة عن متصل ذي بعدين ولذلك فإن موضع البحار فوق سطح البحر يحدده تقابل خط الطول وخط العرض. أما الطيار فإنه يقود طائرته في متصل ذي ثلاثة أبعاد، وعليه أن يحدد موضعه لا ببعدين فقط، بل بثلاثة أبعاد ؛ هي: خط الطول، وخط العرض، والارتفاع فوق سطح الأرض. ومن ذلك نرى أن المتصل الخاص بالطيار عبارة عن الفضاء كما نراه أي مكون من أبعاد ثلاثة.

ولكن عندما نصف أي حادث طبيعي يدخل ضمن الحركة، فإنه لا يكفي أن نحدد الموضع في الفضاء. بل من الضروري أن نذكر كيف يتغير الموضع بتغير الزمن، ولذلك لكي نصور حركة قطار من القاهرة إلى الإسكندرية مثلا، فلا يجوز أن نكتفي بالقول أنه يغادر القاهرة إلى بنها فطنطا فدمنهور فالإسكندرية. بل لابد من الإشارة إلى الزمن الذي يصل فيه إلى كل نقطة من هذه النقط. ويمكن بيان ذلك باستخدام جداول الوقت، أو برسم بياني فإنه يمكن أخذ ورقة وترسم المسافة بين القاهرة والإسكندرية على الخط الأفقي، ويرسم على الخط الرأسي الزمن مقدرة بالساعات والدقائق، فينتج عندنا خط مائل بين الخطين يبين تقدم القطار في فضاء ذي بعدين.



وهذا النوع من الرسومات البيانية مألوف لدى قراء الصحف والمجلات يلجأون إليه في كثير من البيانات مثل بيان تغير الأسعار مع الزمن، وغير ذلك مما يستخدم معه بعدان. أما في حالة طيران طائرة من القاهرة إلى الإسكندرية فإنه يمكن بيانها بأبعاد أربعة. والواقع أن بيان موضع الطائرة بأبعاد خط الطول وخط العرض والارتفاع لا تكفي للدلالة على حركة الطائرة، ولكن لا بد من البعد الرابع الخاص بالزمن لهداية ركاب الطائرات، فالزمن هو البعد الرابع. وإذا أراد الإنسان أن يتصور طيران الطائرة كوحدة بل كحقيقة طبيعية لا يمكن أن يتصورها عبارة عن سلاسل منقطعة من القيام والصعود والطيران والهبوط. بل لابد من تصوره على صورة متصلة ذات أربعة أبعاد.

* * *

وحيث إن الوقت كمية غير ملموسة، فإنه لا يمكن رسم صورة أو بناء نموذج المتصل في أربعة أبعاد من أبعاد الفضاء والزمن. ومع ذلك يمكننا أن نتصور ذلك ونتخيله، بل ويمكن بيانه رياضيا، وعلى العلماء أن يتصوروا الكون الفسيح على أنه متصل في أربعة أبعاد من الفضاء والزمن، ذلك الكون الفسيح الذي يصل إلى ما بعد مجموعتنا الشمسية، وإلى أبعد من النجوم وسكة التبانة، وإلى أبعد الحجرات الخارجية التي تخترق الفضاء. ولكن عقلنا يميل إلى فصل هذه الأبعاد، إذ أنه تعود على إدراك الفضاء وحده، أو على إدراك الزمن وحده. وهذا الفصل ذاتي محض. ولكن نظرية النسبية الخاصة. قد بينت أن الفضاء والزمن شيئان نسبيان يتخيران بتغير الشخص المراقب. وإذا أردنا وصف الكون وصفة موضوعية كما يتطلب العلم ذلك، فإنه لا يمكن فصل بعد الزمن من أبعاد الفضاء. كما أنه لا يمكن فصل الطول من العرض أو الارتفاع عند ما نصف منزلا أو شجرة أو الممثلة «بتى جرابل» – أن العالم الرياضي هيرمان منكوسكي قد وفق إلى إيجاد طريقة رياضية للتعبير عن المتصل من الفضاء والزمن كوسيلة للتعبير عن أسس الحقيقة، وهو يقول «إن الفضاء والزمن لم يعودوا منفصلين، بل اندمجا في أقرب ظلال، ولابد من إدماج الإثنين التعبير عن الحقيقة».

ولا يجوز الظن بأن متصل الفضاء والزمن عبارة على تركيب رياضي. إذ الواقع أن الدنيا عبارة عن متصل من الفضاء والزمن. وكل حقيقة توجد

في الفضاء والزمن، لا يمكن فصلهما. وكل مقاييس الزمن هي في الواقع مقاييس للفضاء والعكس صحيح. أي أن كل مقاييس الفضاء تعتمد على مقاييس الزمن. فإن الثواني والدقائق والساعات والأيام والأسابيع والشهور والسنوات، ما هي إلا مقاييس الأوضاع في الفضاء بالنسبة إلى الشمس والقمر والنجوم. وكذلك فإن خطوط الطول وخطوط العرض، وهي الاصطلاحات التي تحدد بها الإنسان مكانه في الفضاء فوق الأرض إنما تقاس بالدقائق والثواني، ولحسابها بدقة لابد من معرفة زمن اليوم، وزمن اليوم من السنة. وأن خط الاستواء أو مدار الجدي أو الخط القطبي، ما هي إلا مزاول شمسية تبين اختلاف الفصول، ووقت «الظهر» ما هو إلا زاوية خاصة من زوايا الشمس. وتتضح فكرة الفضاء والزمن أكثر عندما نفكر في النجوم، فبعض مجاميع هذه النجوم "حقيقية"، لأن أعضاء نجومها تكون مجاميع تجاذبية تتحرك بطريقة منظمة بالنسبة لبعضها البعض، في حين أن هناك مجاميع أخرى من النجوم تعتبر ظاهرية. نماذجها ناتجة عن المنظور، خلقت نتيجة التقارب الظاهرى لنجوم غير متصلة، وتبدو على طول خط النظر. فيمكن للرائي أن يرى نجمين فيحكم على أنهما متجاوران، في حين أنهما في الواقع متباعدان، يبعد أحدهما عنا مقدار ٤٠ سنة ضوئية ويبعد الآخر عنا مقدار ٤٠٠ سنة ضوئية. وواضح أنه يجب على علماء الفلك أن يتصوروا الكون على أنه متصل من الفضاء والزمن، وعندما ينظرون، خلال منظارهم الفلكي فإن بصرهم لا يمتد إلى خارج الفضاء فحسب، بل يرتد البصر بهم إلى

ماضي الزمن. فإن آلة التصوير الحساسية تستطيع أن تكشف عن إضاءة الجزر الكونية التي تبعد عنها بمدى ٥٠٠ مليون سنة ضوئية. ولكن هذه الإضاءة الضعيفة التي تصلنا، قد بدأت رحلتها عند ما كانت الأرض في بداية تكوينها، وجهاز المطياف الذي يستخدمه العلماء ينبئ أن هذه المجاميع الخارجية الضخمة تتباعد عن مجرتنا بسرعة عظيمة تقترب من ٣٥,٠٠٠ ميل في الثانية، أو بتغيير أدق أنها كانت تتباعد منذ ٥٠٠ مليون سنة. ولكن أين هي «الآن» أو أين تستقر «الآن» فعل ذلك عند علام الغيوب. ولا يستطيع أحد أن يعرف ذلك وإذا حللنا تصويرنا عن الكون إلى أبعاده الذاتية من الفضاء والزمن المحلى، فإن هذه المجرات لا وجود لها من الناحية الموضوعية إلا لطخات ضعيفة مثبتة على اللوح الفوتوغرافي نتيجة سقوط أشعة ضوئية من أقدم الأزمنة. ويتضح معناها الطبيعي عن طريق إطار مناسب من نسبتها إلى مدلول خارجي وهو متصل الفضاء والزمن.

* * *

وقد نظم الإنسان حوادث تاريخية فوق الأرض بطريقة تتفق مع تفكيره وشعوره عن الماضي والحاضر والمستقبل. ولكن الكون أو عالم الحقيقة الموضوعية لا يقع فعلا، بل يوجد مستقلا عن شعور الإنسان، ويحتاج في إدراك عظمته إلى عقلية كونية. ومع ذلك فإنه يمكن للرياضيين بيانها رمزيا على أنها متصل من الفضاء والزمن ذي أربعة أبعاد.

وهذا التصوير للكون على أنه متصل من الفضاء والزمن ضرورى لفهم نظرية النسبية العامة. وما تقوله تلك النظرية عن الجاذبية. تلك القوة الخفية غير المنظورة التي تربط بين أجزاء الكون وتحدد شكله وحجمه.

ظاهرة الحركة في نظرية النسبية الخاصة

درس أينشتاين ظاهرة الحركة في نظرية النسبية الخاصة، وبين فيها أن الإنسان لا يمكن أن يحكم على الحركة المطلقة للأرض أو لأي جسم متحرك آخر، لأنه لا يوجد مرجع ثابت في الكون يرجع إليه. ولا يمكن إدراك الحركة إلا بمقارنة تغيير وضع جسم بالنسبة لحسم آخر. فإننا نعلم مثلا أن الأرض تدور حول الشمس بسرعة عشرين ميلا في الثانية، بدليل تغيير فصول السنة. ولكن الإنسان كان يعتقد منذ نحو أربعمائة عام أن الشمس هي التي تدور حول الأرض. واستطاع قدماء الفلكيين بهذا الفرض أن يتخيلوا نظاما عمليا للكون. وأن يتنبأوا بكل دقة بالظواهر الكبرى في هذا الكون. وكان هذا الافتراض طبيعيا. إذ أننا لا نستطيع أن نشعر بحركتنا في الفضاء. ولم تستطع تجربة طبيعية إثبات أن الأرض متحركة. وعلى الرغم من أن جميع الأجرام السماوية من كواكب ونجوم ومجرات تغير مواضعها دائما إلا أن حركتها لا يمكن إدراكها إلا بمقارنة إحداها بالنسبة للأخرى، وإذا أبعدنا جميع هذه الأجرام الكونية ما عدا واحدة منها. فإن هذا الجرم الواحد المتبقي لا يمكن الحكم عليه إن كان ساكنا أو متحركا في الفضاء بسرعة ١٠٠,٠٠٠ ميل في الثانية. إذ أن الحركة هي حالة نسبية. فإذا لم يوجد مرجع ثابت يرجع إليه ويقارن به. فلا معنى لقولنا بحركة جسم واحد.

وبمجرد إعلان نظرية النسبية الخاصة بدأ أينشتاين يتساءل عما إذا كان هناك حقيقة نوع واحد من الحركة يمكن اعتبارها «مطلقة» في أنها تدرك بأثرها الطبيعي على الجسم المتحرك ولا تدرك بالرجوع إلى مرجع ثابت:

ولنضرب لذلك مثالا. فإن راكب القطار المتحرك بسرعة منتظمة لا يستطيع أن يدرك أنه في حالة سكون أو حركة بإجراء تجربة داخل القطار، ولكنه يدرك ذلك إذا هدأ القطار من سرعته فجأة، وذلك عن طريق الدفعة الناتجة من تغير السرعة. وكذلك إذا كان القطار يدور في دوران. فإنه يستطيع بإحساس جسمه المضغوط عليه أن يدرك أن القطار يغير من اتجاه حركته. واستنبط أينشتاين من ذلك أنه إذا كان هناك جسم واحد في الكون. ولتكن الأرض مثلا فإن سكانها لا يدركون حركتها، إلا عندما يتغير نظام حركتها فجأة. وهذا يوحي بأن الحركة غير المنتظمة، يمكن أن تكون مطلقة،، والحركة غير المنتظمة هي التي تؤثر فيها قوة وتنتج عجلة. وهذا يوحي أيضا بأن الفضاء الفارغ يمكن أن يعتبر مرجعا ثابتا يرجع إليه ويمكن تمييز السرعة المطلقة داخله.

وأينشتاين الذي يرى أن الفضاء لا شيء، وأن الحركة نسبية، قد أزعجته الخاصية المنفردة للحركة غير المنتظمة، وقد أكد في نظرية النسبية الخاصة، أن قوانين الطبيعة تنطبق على جميع الأجسام المتحركة بحركة منتظمة بالنسبة لبعضها البعض. ولما كان يعتقد اعتقاد جازمة بتوافق طبيعة الكون. فقد رفض الاعتقاد بأن أي جسم يتحرك بسرعة غير

منتظمة. يجب أن يكون جسمها شاذا منفردة تختلف فيه القوانين، ومن ذلك قال في نظرية النسبية العامة «إن قوانين الحياة تنطبق على جميع الأجسام دون اعتبار لحالات حركتها» وقد استنبط من ذلك قوانين جديدة عن الجاذبية. غيرت كل الآراء التي سيطرت على العالم مدى ثلاثمائة عام فيما يختص بتصوير الكون.

* * *

وقد غيَّر أينشتاين قوانين نيوتن الخاصة بالتصور الذاتي. وهي تقول كما يعلم كل إنسان «إن كل جسم يستمر في حالة سكون أو حركة منتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر فيه قوة تغير من هذه الحالة» فهذا هو التصور الذاتي، الذي يولد فينا ذلك الإحساس الغريب الذي نشعر به عندما يبطئ القطار فجأة. أو عندما يزيد من سرعته، أو عندما يدور حول طريق منحن، فإن جسمنا يود لو يستمر في حركته المنتظمة في خط مستقيم، وعندما يؤثر القطار فينا بقوة مضادة، فإن خاصية القصور الذاتي تحاول مقاومة هذه القوة وهي أيضا القصور الذاتي الذي يجعل القاطرة تبذل كل قواها لحر العربات المشحونة الملحقة بالقاطرة. ولكن هذا يؤدي بنا إلى اعتبار آخر، وهو أنه إذا كانت العربات مشحونة. فإن على القاطرة أن تبذل قوة أكبر وتستخدم مقداراً أكبر من الفحم مما لو كانت العربات خالية. ومن أجل هذا أضاف نيوتن إلى قوانينه الخاصة بالقصور الذاتي، قانونا ثانيا يقول فيه: إن مقدار القوة اللازمة لزيادة سرعة جسم

تتوقف على كتلة الجسم: وأنه إذا استخدمت نفس القوة على جسمين مختلفين في الكتلة، فإن هذه القوة تسبب «عجلة» أكبر للجسم ذي الكتلة الأقل. وهذه القاعدة تنطبق على كل تجارب الإنسان في الحياة من نوع عربة الأطفال إلى إطلاق القنابل، وهي تعمم الحقيقة الواضحة في أن الإنسان يستطيع أن يرمي كرة القدم إلى أبعد مما يستطيع أن يقذف قنبلة مدفع.

وعلى أية حال فهناك وضع غريب يبدو فيه أنه لا علاقة بين عجلة جسم متحرك وبين كتلته، وهو أن كرة القدم وقنبلة المدفع عندما تسقطان نحو الأرض فإنهما تحصلان على عجلة واحدة. وقد كان غاليليو هو الذي كشف هذه الحقيقة. وقد برهن بالتجربة على أن جميع الأجسام تسقط بنفس السرعة إذا استبعدنا مقاومة الهواء لها. هذا على الرغم من اختلاف الأجسام في الحجم أو التركيب. فالكرة والمنديل، يسقطان بسرعات مختلفة، لأن المنديل له سطح يقاومه الهواء أكبر من سطح الكرة، ولكن الأجسام التي لها سطوح متشابهة مثل كرة الرخام أو كرة القدم أو قنبلة مدفع. كلها تسقط بسرعات واحدة. وإذا أجرينا التجربة في الفراغ فإن المنديل والقنبلة يسقطان معا في وقت واحد. وهذه الظاهرة تبدو كأنها تخالف قوانين نيوتن في القصور الذاتي، إذ لماذا تسقط الأجسام جميعا بسرعة واحدة إذا سقطت رأسيا بدون نظر إلى أشكالها وحجومها، في حين أنها تختلف سرعاتها عندما تدفع بقوة

واحدة في خط مستقيم أفقي، إذ تتوقف سرعاتها عندئذ على كتلتها، ويبدو من ذلك كان عامل القصور الذاتي يتحقق في حالة المستوى الأفقي فقط. وقد حل نيوتن هذه المشكلة على أساس قانونه الخاص بالجاذبية. الذي ينص فيه على أن القوة العجيبة التي يجذب بها جسم مادي جسما آخر، تزداد بازدياد كتلة الجسم الذي تجذبه، فكلما ازدادت كتلة الجسم كلما ازدادت الجاذبية عليه، فإذا كان الجسم صغيرا فإن قصوره الذاتي أو الميل المقاومة حركته يكون صغيرة، ولكن الجاذبية الواقعة عليه تكون صغيرة أيضا، وإذا كان الجسم كبيرا فإن قصوره الذاتي يكون كبيرا، ولكن الجاذبية الواقعة عليه تكون كبيرة أيضا، ومن هنا كانت الجاذبية تبذل بنفس المقدار اللازم للتغلب على قصور أي جسم. وهذا هو السبب في أن كل الأجسام تسقط بنفس السرعة بدون اعتبار لكتلته.

وهذا التوافق المشهور، وهو التوازن التام بين الجاذبية والقصور الذاتي. قد قبله العلماء قبولهم للإيمان والعقيدة، ولكنه لم يكن مفهوما أو واضحا لمدى ثلاثة قرون من بعد نيوتن، ولكن الهندسة الحديثة والميكانيكا الحديثة، بنيت على آراء نيوتن. كما أن الكون بدا كما لو تنطبق عليه قوانين نيوتن. وهنا ظهر أينشتاين، وقد نتجت (كشوفه) عن عدم ثقته في المذاهب، ولذلك كره كثيرا من افتراضات نيوتن وقد شك في أن التوازن بين الجاذبية والقصور الذاتي كان مجرد صدفة من

مصادفات الطبيعة والكون. ورفض الأخذ بالرأي القائل بأن الجاذبية قوة تؤثر بسرعة على مسافات بعيدة، ورأى أنه من غير المحتمل إطلاقا أن قوة جاذبية الأرض للأجسام تصل إلى أبعد الآفاق في الفضاء، وأنها تجذب كل جسم بقوة تساوي قوة المقاومة الناتجة من القصور الذاتي لذلك الجسم، ومن هذه الاعتراضات التي أبداها أينشتاين استنبط نظرية جديدة عن الجاذبية أيدتها التجارب وأعطت فكرة أوضح وأدق عن الكون أكثر مما كانت تبينه قوانين نيوتن الكلاسيكية.

قوة الابتكار أثارت دهشة العالم

وآراء أينشتاين المبنية على قوة الابتكار قد أثارت دهشة العالم أجمع، وقد راجعها كثير من العلماء كما لو كانوا نياماً وأيقظتهم هذه الآراء أو أرقهم من مجوعهم المتقطع. فقد صور أينشتاين الكون كما لو كان بناء ضخمة. وبداخله مصعد انساب من حباله وصار دون أي قيد. وتصور عدد من العلماء يجرون تجاربهم داخل المصعد لا يزعجهم الخوف من أن رحلتهم يمكن أن تنتهي إلى كارثة. وقد أخرجوا من جيوبهم بعض الأشياء مثل قلم من الحبر وقطعة من العملة وعدد من المفاتيح، وتركوها من قبضة يدهم وسط المصعد. فلا يحدث أي شيء. فإن القلم والعملة والمفاتيح تبدو جميعها معلقة أو متوازنة وسط هواء المصعد، لأنها تسقط جميعا بنفس السرعة مع سقوط المصعد ومن فيه من الناس حسب قوانين نيوتن في الجاذبية. وحيث إن الناس في المصعد غير واعين بحالهم، فلعلهم يفسرون هذه الظواهر الغريبة بافتراض آخر. إذا ربما يعتقدون أن قوة سحرية قد حملتهم خارج مجال جاذبية الأرض. وأنهم معلقون وسط الفضاء المفرغمن الهواء. ولهم عذرهم في اعتقادهم هذا، فلو أن واحدا منهم يقفز من أرضية المصعد فإنه يطفو بكل يسر نحو السقف بسرعة تتناسب مع قوة القفزة. و إذا دفع قلمه أو مفاتيحه في أي اتجاه فإنها تستمر في حركتها المنتظمة في هذا الاتجاه إلى أن

تصطدم بجوار المصعد. فكل شيء يبدو كما لو كان خاضعة لقوانين نيوتن في القصور الذاتي. ويستمر في حالة سكونه أو حالة حركته المنتظمة في خط مستقيم. كأن المصعد قد أصبح مجموعة قصورية. ولا سبيل للناس داخله لمعرفة ما إذا كانوا ساقطين في مجال الجاذبية أو طافين في فراغ الفضاء دون تأثير أي قوة خارجية عليهم.

* * *

وهنا يغير أينشتاين المنظر الذي يعرضه. فيتصور العلماء كأنهم لا يزالون في المصعد، ولكنهم في هذه المرة يوجدون حقيقة في الفراغ، بعيدين عن جاذبية أي جسم أرضي، والحبال متصلة بسقف المصعد، وتوجد قوة غير طبيعية تلعب بالحبال، والمصعد يرتفع إلى أعلى بعجلة ثابتة، أي تتزايد سرعته شيئا فشيئا بالتدريج، ولنفترض هنا أيضا، أن الناس لا يعلمون حقيقة وضعهم، وأنهم يقومون هنا أيضا بإجراء تجارب لتقدير مركزهم وتقييمه، وفي هذه المرة يلاحظون أن أقدامهم تضغط بثبات على أرضية المصعد وأنهم إذا قفز وا لا يضغطون ولا يرتفعون نحو السقف، لأن الأرضية حينئذ ترتفع دائما تحت أقدامهم، وأنهم إذا تركوا بعض الأشياء من أيديهم، فإن هذه الأشياء تبدو كأنها "تسقط" وإذا رموا بعض هذه الأشياء في اتجاه أفقي، فإنها لا تتحرك بسرعة منتظمة في خط مستقيم، بل إنها تسير في خط منحن على شكل قطع مكافئ، وهذا الخط يبدو كذلك بالنسبة الأرضية المصعد. وهنا نجد العلماء وهم

داخل المصعد، وليس له نافذة بالون منها، ولا يعرفون أن المصعد في حقيقة حالة يرتفع بهم في الفضاء بين النجوم، أجد هؤلاء العلماء وهم على هذا الحال يعتقدون أنهم في خطر ظروف عادية تماما، وأن مصعدهم ثابت تؤثر عليه الأرض بقوة جاذبيتها، والواقع أنهم لا يجدون وسيلة لمعرفة ما إذا كانوا في حالة سكون يتأثرون بمجال الجاذبية؟ أم أنهم يصعدون بعجلة ثابتة خلال الفضاء، حيث لا توجد جاذبية إطلاقاً.

ويحدث نفس الشيء وتحدث نفس الكارثة لهؤلاء العلماء إذا ربطت غرفتهم بجبال في أرجوحة تدور حول عمود في الفضاء الخارجي للكون، فإنهم سوف يشعرون حينذاك بقوة غريبة تحاول جذبهم بعيدا عن المركز «أي عن الجهود» وأننا إذا تخيلنا شخصا يراقبهم، فإنه سوف يلاحظ أن هذه القوة هي قوة القصور الذاتي، أو هي التي نسمعها القوة المركزية الطاردة المعروفة في حالة الأجسام التي تتحرك في مدار دائري، ولكن الناس داخل الغرفة كما تخيلناهم دائما غير واعين لوضعهم الشاذ. سوف يعتبرون القوة كأنها قوة الجاذبية، لأنه إذا كان داخل الغرفة خاويا ولا يزين جدرانها أي شيء، فإنهم لا يمكنهم الاستدلال بشيء لمعرفة الأرضية أو السقف، إلا عن طريق القوة التي تجذبهم نحو سطح داخلي من سطوح الغرفة. ولذلك فإن الجدار الجانبي البادي للمراقب الخارجي سوف يحكمون هم على هذا الجدار بأنه أرضية غرفتهم. والواقع أننا إذ فكرنا قليلا فسوف نعلم أنه لا يوجد شيء اسمه «فوق»، «تحت» في

الفضاء الخارجي وما نسميه نحن سكان الأرض «تحت» إنما هو اتجاه الجاذبية. ولكن رجلا عند الشمس سوف يلاحظ أن سكان النصف الجنوبي من الأرض كسكان أفريقيا والأرجنتين رؤوسهم إلى أسفل وأرجلهم إلى أعلى. وبالمثل فإن رحلة طيران «الأدميرال ببرد» فوق القطب الجنوبي تبدو كأنها خيال هندسي، إذ بدا لهم كأنه يطير تحت الأرض لا فوقها، ومن هذا فإن الرجال داخل غرفة الملاهي التي تدور بهم، سوف تعطيهم تجاربهم، أن النتائج التي ظهرت لهم عندما كانت غرفتهم ترتفع إلى أعلى، فأقدامهم ثابته على الأرضية، والأجسام تسقط وسوف يفسرون هذه الظواهر على أساس أنها نتيجة قوة الجاذبية، ويعتقدون أنهم في حالة سكون وسط مجال هذه الجاذبية.

* * *

وصل أينشتاين من هذه الحالات الغريبة، إلى نتيجة بالغة الأهمية من الوجهة النظرية، وهذه النتيجة معروفة عند علماء الطبيعة باسم «قانون تكافؤ الجاذبية والقصور الذاتي»، الذي ينص على أنه لا سبيل إلى التمييز بين الحركة الناتجة من القوى القاصرة مثل (العجلة)، الاصطدام، القوة المركزية.. إلخ وبين الحركة الناتجة من قوة الجاذبية. ويتضح صحة هذا القانون لكل طيار، لأن ركاب الطائرات لا يمكنهم تمييز آثار القصور من آثار الجاذبية. فشعورهم الطبيعي يتساوى عندما تصعد الطائرة أو عندما تدور بسرعة كبيرة. في كلا الحالين يحسون بما هو

معروف عند الطيارين من إحساس نتيجة اندفاع الدم وهروبه من الرأس وتثاقل أجسامهم على المقاعد، والطيار الذي يطير بدون رؤية وبدون آلات يستشعر الخطر من هذه العلامات.

إن هذا القانون هو أساس نظرية النسبية العامة، وقد وجد فيه أينشتاين حلا لكل من مشكلة الجاذبية وموضوع الحركة «المطلقة»، وقد بين هذا القانون. أن الحركة غير المنتظمة لا يمكن أن تكون مطلقة، لأنه لا يمكن التمييز بين آثار الحركة غير المنتظمة، وآثار الجاذبية، حتى ولو كانت الحركة غير المنتظمة منفردة ووحيدة في الكون، ومن ذلك فإنه في حالة غرفة الملاهي التي تدور، فإن أحد المشاهدين، سوف يميزها على أن الحركة فيها ناتجة من قوة قاصرة أو قوة مركزية، في حين أن المشاهد الآخر سوف يعتبرها نتيجة الجاذبية، وأن أي تأثير قاصر نتيجة تغيير في السرعة أو تغيير في الاتجاه سوف ينتج نفس الشيء، مثل مجال الجاذبية المتغير المتقلب، ولذلك فإن أساس النظرية النسبية صحيح، ويقضي الحركة بنوعيها المنتظمة منها وغير المنتظمة، لا يمكن تمييزها بدون مقارنتها بمرجع ثابت، إذ أن الحركة المطلقة لا وجود لها.

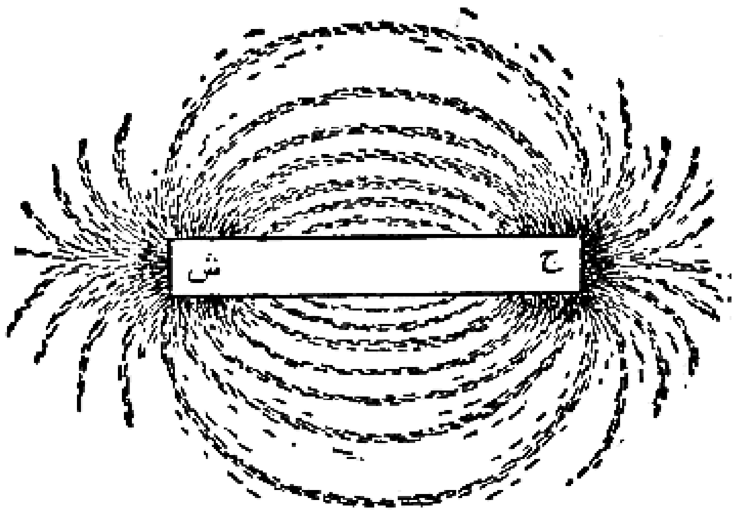
وبما أن الجاذبية كانت هي السيف الذي قضى به أينشتاين على فكرة الحركة المطلقة، فإن هذا يسوقنا إلى السؤال «ما هي الجاذبية»؟، فإن الجاذبية التي رآها أينشتاين، تخالف جاذبية نيوتن تمام المخالفة، فالجاذبية في نظر أينشتاين ليست «قوة»، والفكرة التي تقول بأن كل

جسمين ماديين يتجاذبان هي في رأي أينشتاين نوع من الخداع غير المطابق للحقيقة في تصوير ميكانيكا الكون، فطالما يعتقد الإنسان أن الكون عبارة عن آلة كبيرة، فإنه من الطبيعي الاعتقاد بأن أجزاءها المختلفة تؤثر بعضها في البعض الآخر بقوة، ولكن كلما تعمق العلم في الغموض نحو أعماق الحقيقة، كلما بدأ له أن الكون لا يشبه الآلة إطلاقا، ومن هنا كان قانون أينشتاين عن الجاذبية لا يشمل الإشارة إلى أية قوة، فهو يصف سلوك الأجسام في مجال الجاذبية كالكواكب مثلا، لا على أساس قوة الجذب بل على أساس الممرات والمسالك التي تسلكها، ويرى أينشتاين أن الجاذبية ما هي إلا جزء من القصور، وحركة النجوم والكواكب تعتمد على قصورها الكامن، والمسالك التي تسلكها تحددها الخواص القياسية للفضاء، أو بعبارة أدق تحددها خواص متصل الفضاء والزمن.

* * *

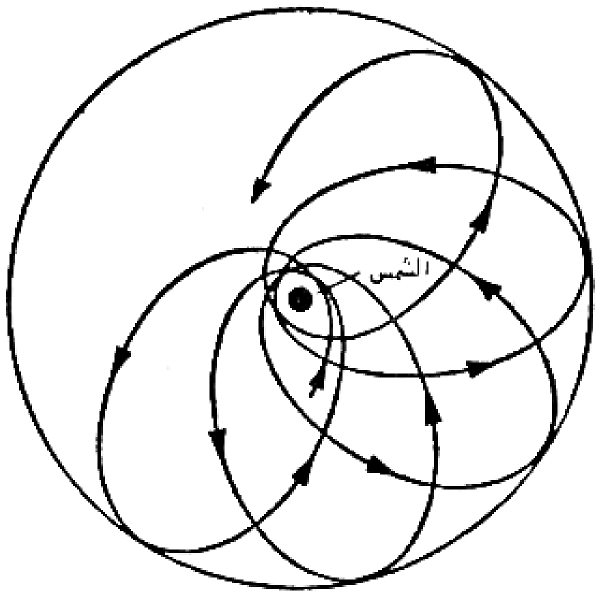
ولو أن هذا الكلام يبدو خيالياً أو متناقضا، إلا أنه تتضح صحته مجرد إبعاد الرأي القائل بأن الأجسام تتجاذب بقوة طبيعية، ولو كانت على بعد ملايين الأميال في الفضاء الخاوي، وفكرة «التأثير عن بعد» قد أتعبت العلماء منذ عهد نيوتن، وأوجدت بعض الصعوبات، خاصة في فهم ظواهر المغناطيسية والكهربية، واليوم فقد ترك العلماء هذه العقيدة، وهي لا يقولون الآن بأن المغناطيس يجذب قطعة الحديد بذلك التأثير

عن بعد، بل يقولون إن المغناطيس يخلق حالة طبيعية حوله في الفضاء الذي يحيط به، ويمهدون هذه الحالة بالمجال المغناطيسي، وهذا المجال المغناطيسي يؤثر عندئذ على قطعة الحديد، ويجعلها تسلك طريقة خاصة، والطلبة الذين يدرسون العلوم بالمدارس الثانوية يعرفون شكل المجال المغناطيسى، إذ يجعلونه ظاهرة برش برادة الحديد على قطعة من الورق المقوى، موضوعة فوق مغنطيس، والمجال المغناطيسي والمجال الكهربي، حقائق طبيعية، ولها تركيب خاص، ويمكن وصف تركيبها بوساطة معادلات «جيمس كلارك مكسويل» التي أدت بالعلماء إلى عدة مخترعات في الكهرباء واللاسلكي في القرن الماضي، ومجال الجاذبية يشبه في حقيقته المجال المغناطيسي الكهربي، وتركيبه تبينه معادلات المجال التي أوجدها «آلبرت أينشتاين».



وكما أن مكسويل وفراداى قد افترضا أن المغناطيس يخلق حوله في الفضاء خواص معينة، فكذلك أينشتاين استنبط أن النجوم والأقمار والأجرام السماوية تخلق خواص في الفضاء حولها، وكما أن حركة قطعة الحديد في مجال مغنطيسى. محدده شكل المجال، فكذلك حركة جسيم في مجال الجاذبية، تحدده هندسة المجال، ولتوضيح الفروق بين أفكار نيوتن عن الجاذبية وآراء آينشتاين فيها، صوروها بمثال صبي يلعب بالحجارة في رقعة من مدينة، والأرض فيها غير ممهدة، لها مرتفعات ومنخفضات، وإذا افترضنا شخص يراقب هذا الصبي من عمارة مرتفعة بقدر عشرة أدوار، فإن هذا الملاحظ لا يستطيع أن يلاحظ هذه المرتفعات والمنخفضات في الأرض، وعند ما يرقب هذه الحجارة، فإنها تبدو كأنها تسلك بعض الطرق وتتفادى البعض الآخر، فلعله يفرض وجود «قوة» جعلت الحجارة تتباعد من بعض الجهات، وتقترب أو تجذب إلى بعضها الآخر، ولكن أي مراقب آخر على سطح الأرض نفسها، سوف يحكم على أن انحناءات المجال تتحكم في مسارات الحجارة، وفي هذه القصة الخيالية، نجد أن نيوتن هو المراقب العلوي من العمارة، ويتخيل أنه لا بد من وجود قوة تؤثر في حركة الحجارة، وأينشتاين هو المراقب فوق الأرض، ولا يرى داعيا لافتراض القوة، ومن ذلك فإن قوانين اينشتاين عن الجاذبية، تصف بكل بساطة خواص المجال المتصل الفضاء والزمن، وبخاصة فإن مجموعة من هذه القوانين تبين العلاقة بين كتلة الجسم الجاذب وتركيب المجال حوله، وتسمى هذه القوانين باسم

قوانين التركيب، ومجموعة أخرى من القوانين، تسمى قوانين الحركة، تحلل مسارات الأجسام المتحركة في مجالات الجاذبية. مدار المريخ، وهو على شكل قطع ناقص، ولكنه في الرسم مبالغ فيه والواقع أن القطع الناقص يتقدم بمقدار ٤٣ ثانية فقط من القوس في كل قرن.



ولا يصح الظن بأن نظرية أينشتاين في الجاذبية عبارة عن خطة رياضية شكلية فحسب، بل إنها مبنية على افتراضات لها دلالات كونية عميقة، وأشهر هذه الافتراضات. أن الكون ليس بناء جامدة أو غير قابل للتبدل، نثرت فيه أجرام مستقلة في فضاء وزمان مستقلين، بل بالعكس فإنه متصل متجانس، وليس بناء ثابتة، بل هو مرن ومتغير ومعرض دائما للتغير والتبدل، فأينما وجدت مادة وحركة، فإن المتصل يضطرب

ويشوش، مثله في ذلك مثل سمكة عندما تعوم في البحر تجعل الماء حولها يضطرب، وكذلك فإن النجوم أو الشهب أو المجرات تحور هندسة الفضاء والزمن عندما تتحرك خلالهما. وقوانين أينشتاين في الجاذبية عند تطبيقها على المسائل الكونية، تؤدي إلى نتائج قريبة جدا من نتائج نيوتن. وإذا كانت النتائج متشابهة تماما في جميع الحالات، فلعل العلماء يفضلون عندئذ قوانين نيوتن العادية، ويستبعدون قوانين أينشتاين على أنها ضرب من الخيال.

ولكن العلماء قد كشفوا عددا من الظواهر العجيبة الجديدة، لم يستطيعوا تفسير إحداها على الأقل، إلا على أساس نظرية النسبية العامة وحدها، وهذه المشكلة القديمة نشأت من السلوك العجيب لكوكب المريخ، فإنه بدلا من أن يدور في مداره بانتظام كا الكواكب الأخرى (ويلاحظ أن مداره على شكل قطع ناقص) فإنه ينحرف عن مداره بمقدار، ولو أنه بسيط إلا أنه ظاهر متميز، وقد حاول علماء الفلك استقصاء العوامل التي يمكن أن تسبب هذا الانحراف، ولكنهم لم يجدوا أي حل على أساس نظرية نيوتن، وظل هذا اللغز بدون حل حتى ظهرت قوانين أينشتاين في الجاذبية، ويلاحظ أن المريخ أقرب الكواكب إلى الشمس، وهو صغير ويتحرك بسرعة كبيرة، وباستخدام قوانين نيوتن، نجد أن هذه العوامل لا تؤدي إلى تعليل الانحراف، وقوانين حركة المريخ، يجب أن تكون أسسها مشابهة لمثيلاتها، الخاصة بحركة

الكوكب الأخرى، ولكن باستخدام قوانين أينشتاين، فإن شدة مجال جاذبية الشمس، والسرعة الكبيرة التي يدور بها المريخ، لهما أثر يجعل كل القطع الناقص الذي يدور حوله المريخ، يتذبذب حول الشمس ذبذبة بطيئة، ولكنها أكيدة، وهي بمعدل دورة واحدة في كل ٣٠٠٠,٠٠٠ سنة، وهذا التقدير يتفق تماما مع الأقيسة الفعلية لمدار الكوكب، ومن هنا كانت رياضيات أينشتاين، أكثر دقة من رياضيات نيوتن في حالات السرعات الكبيرة، ومجالات التجاذب القوية.

ومع ذلك فإن رياضيات أينشتاين، بجانب انتصارها في حل هذا الإشكال القديم، قد نالت أيضا سبقا علميا من الأهمية بمكان، وهو تنبؤها بظاهرة كونية جديدة لم يحلم بها عالم من قبل: ألا وهي، تأثير الجاذبية على الضوء.

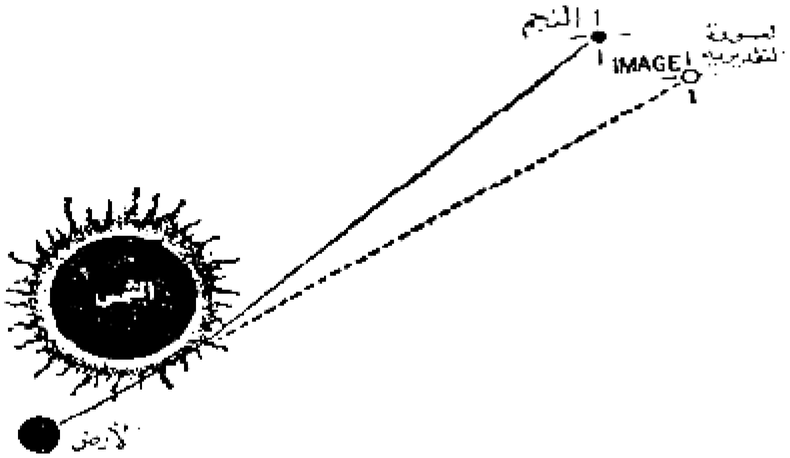
الخيال وتنبؤات أينشتاين

قد بدأت سلسلة تنبؤات أينشتاين عن هذه الظاهرة، بتصوره لحالة خيالية أخرى، فقد افترض مصعد يرقى خلال الفضاء الرحيب الخاوى بعجلة ثابتة، ولا يؤثر فيه أي مجال من مجالات الجاذبية، وافترض أينشتاين في هذه الحالة أن رجلا متجولا خلال الأجرام السماوية، قد أطلق رصاصة نحو المصعد وأن الرصاصة اخترقت جانبا منه، ومرت خلاله، ونفذت من الجانب الآخر، عند نقطة تنخفض قليلا عن مستوى النقطة الأصلية التي دخلت منها، وتعليل ذلك واضح للمراقب الخارجي، فإنه يعلم أن الرصاصة طارت في خط مستقيم، حسب قانون القصور الذاتي لنيوتن، ولكنها في الفترة اللازمة لاختراق عرض المصعد بين جدرانه كان المصعد يرتفع كله «إلى أعلى مسافة خاصة، مما يجعل الثقب الثاني الذي نفذت منه الرصاصة، لا يبدو مقابلا للثقب الأول الذي دخلت منه، بل يجعله أقرب إلى الأرضية قليلا، ومع ذلك فإن المراقبين داخل المصعد، وليس لديهم أية فكرة عن وضعهم من الكون، يعلون الموقف بطريقة أخرى، يتأثرون في هذا الحكم بعلمهم أن المقذوفات على الأرض تسير في مسار على شكل قطع مكافئ، ومن ذلك يستنبطون أن مصعدهم ساكن و واقع تحت تأثير مجال الجاذبية، وأن الرصاصة التي اخترقت غرفتهم تسير في منحنى طبيعي نحو أرضية الغرفة، وبعد لحظات،

وبينما يستمر المصعد في صعوده إلى أعلى خلال الفضاء، ينفذ شعاع ضوئي فجأة خلال فجوة في جانب المصعد، وحيث إن سرعة الضوء كبيرة، فإن الشعاع يقطع المسافة بين جدارى المصعد في جزء صغير من الثانية، ومع ذلك فإن المصعد يصعد خلال هذه الفترة مسافة صغيرة إلى أعلى، وينشأ عن ذلك أن الشعاع يصدم الحائط المقابل عند نقطة في مستوى أسفل من النقطة التي دخل منها جزء صغير من البوصة، ولو زود المراقبون داخل المصعد بأجهزة قياس دقيقة فإنهم يستطيعون تقدير مدى انحناء الشعاع، ولكن المسألة هي أنهم كيف يعلونه، إذ لا يزالون غير مدركين لحركة غرفتهم، ويعتقدون أنهم في حالة سكون تحت تأثير مجال الجاذبية، وإذا ما استعانوا بقوانين نيوتن، فإنهم سوف يخدعون، لأنهم يعلمون أن الضوء يسير في خطوط مستقيمة، ولكنهم إذا ما علموا بنظرية النسبية الخاصة، فسيدركون أن للطاقة كتلة حسب معادلات أينشتاين التي تقول إن الكتلة = الطاقة / مربع سرعة الضوء وحيث إن الضوء نوع من الطاقة. فسوف يستنبطون أن للضوء كتلة، ولذلك فإن الضوء سوف يتأثر بمجال الجاذبية، وينشأ عن ذلك انحراف الشعاع.

وقد استطاع أينشتاين أن يستنبط من هذه الاعتبارات النظرية المحضة أن الضوء مثل أي جسم مادي ينحرف عند مروره في مجال جاذبية جسم ذي كتلة، وقد اقترح اختيار صحة نظريته بملاحظة مسار شعاع ضوئي صادر من نجم عندما يقترب من الشمس، وحيث إن النجوم

لا ترى نهاراً، فلا توجد إلا فرصة واحدة لرؤية الشمس والنجوم في السماء، وتتاح هذه الفرصة عند الكسوف، ورأى أينشتاين أن تؤخذ صور النجوم القريبة من الوجه المظلم للشمس أثناء كسوفها، وتقارن بصور نفس النجوم في وقت آخر.



انحراف شعاع النجم في مجال جاذبية الشمس، وحيث إن شعاع النجم، عندما يقترب من قرص الشمس ينحرف إلى الداخل نحوها، وذلك أثناء مروره في مجال جاذبيتها، فإن المراقب على الأرض يرى صورة النجم منحرفة إلى الخارج و بعيدة عن الشمس

وبناء على هذه النظرية، فإن الضوء المنبعث من النجوم المحيطة بالشمس. يجب أن ينحرف إلى الداخل نحو الشمس، عند مروره في مجال جاذبية الشمس، وينشأ عن ذلك أن المراقبين لهذه النجوم على الأرض تبدو لهم «صور» تلك النجوم منحرفة إلى خارج وضعها العادي في السماء، وقد حسب أينشتاين درجة الانحراف التي يجب أن تلاحظ، وتنبأ للنجوم الغريبة من الشمس بأن مقدار انحرافها، يجب أن يكون نحو

١,٧٥ ثانية من قوس، وحيث إنه جازف بصحة نظريته، وبناها على مدى صحة هذا الاختبار، فإن العلماء في كل أنحاء العالم قد انتظروا على أحر من الجمر نتائج بعونهم التي سافرت إلى المناطق الاستوائية تصوير كسوف الشمس الذي حدث في يوم ٢٩ من مايو سنة ١٩١٩ وبعد تحميض الصور وإظهارها واختبارها، وجدوا أن مقدار انحراف أشعة النجوم بلغ في المتوسط نحو ١,٦٤ في مجال جاذبية الشمس، وهذا المقدار قريب جدا، ويتفق مع تنبؤات أينشتاين في حدود ما تسمح به دقة الأجهزة.

* * *

وهناك نبوءة أخرى من تنبؤات أينشتاين التي بناها على أساس نظرية النسبية العامة، وهي تعزى إلى الزمن، فكما أنه قد بين أن خواص الفضاء يتأثر بمجال الجاذبية، فإن أينشتاين قد وصل إلى نتائج مشابهة وبتعديلات عميقة في أن فترات الزمن هي الأخرى تتأثر بمجال الجاذبية، فإن ساعة الحائط إذا ما نقلت إلى الشمس يجب أن تتذبذب بسرعة أبطأ من سرعتها فوق الأرض، وأن ذرة شمسية مشعة يجب أن تصدر ضوء تردده أقل من تردد ذلك الشعاع المنبعث من ذرة من نفس العنصر على الأرض، والفرق في طول الموجة في هذه الحالة سيكون متناهية في الصغر بحيث لا يمكن قياسه ولكنه توجد في الكون مجالات أقوى من مجال الشمس، وإحدى هذه المجالات هي التي تحيط بالنجم المعرف

باسم «زميل الشعرى اليمانية» وهو نجم قزم أبيض يتركب من مادة مركزة ذات كثافة كبيرة، حتى إن البوصة المكعبة منه لو أنها كانت على الأرض لبلغ وزنها طنا، وهذا القزم الشاذ الذي تبلغ كتلته ثلاث مرات مثل كتلة الأرض، وبسبب هذه الكتلة الكبيرة فإن مجال جاذبيته يبلغ من الشدة لدرجة تزعج حركة نجم الشعري اليمانية لمدى سبعين مرة من حجمه، ومجاله قوي أيضا، لدرجة أنه يجعل تردده يبطئ بدرجة محسوسة يمكن قياسها، وقد أثبتت المشاهدات جهاز المطياف، أن تردد الضوء المنبعث من زميل الشعري اليمانية ينخفض بنفس المقدار الذي تنبأ به أينشتاين، وإزاحة طول الموجة في طيف هذا النجم يسميها علماء الفلك باسم "ظاهرة أينشتاين"، ويعتبرون هذه الظاهرة أو هذا التأثير دليلا إضافيا من دلائل تحقيق نظرية النسبية العامة.

الكون ليس جزيرة مادية

وإلى الآن فإن نظرية النسبية العامة قد وصفت ظواهر مجال الجاذبية، ولكن الكون ممتلئ بأجسام مادية لا حصر لها، مثل النيازك، والشهب، والأقمار، والمذنبات، والسدم، وبلايين فوق بلايين من النجوم متجمعة في مجالات تجاذبية، في صور عناقيد وسحب ومجرات وما بعد المجرات، وهنا يتبادر إلى الذهن ذلك السؤال الطبيعي، الذي يسأل عن هندسة الشكل الكلي المتصل الفضاء والزمن، وإلى أين يزحف هذا الهيكل؟ أو بعبارة بسيطة، ما هو شكل وحجم الكون؟ وإن أحدث الإجابات عن هذا السؤال ترتد أصولها إلى مبادئ النسبية العامة.

وكان الرأي قبل أينشتاين يتجه إلى أن الكون عبارة عن جزيرة مادية تسبح في بحر لا نهائي من الفضاء، وكانت هناك أسباب كثيرة لهذا التصور، وكان معظم العلماء يتفقون على الرأي القائل بأن الكون يجب أن يكون لا نهائيا، وذلك بأنهم لو علموا بأن للفضاء نهاية في مكان ما، فإنهم كانوا يجابهون بذلك السؤال الحرج وهو «وماذا يوجد بعد ذلك، ومع كل فإن قوانين نيوتن حرمت اعتبار الكون لا نهائية، ويحتوي على أجرام مادية موزعة توزيعاً منظماً، وذلك لأن مجموع قوى الجاذبية لجميع الأجرام المنتشرة في ما لا نهاية، لا بد أن تكون ما لا نهائية، وعندئذ يكون الكون مضاء بأضواء لا نهائية، وأن عيوننا على الرغم من ضعفها

وحصر مدى إبصارها، فإنه يبدو لها أن مصابيح الفضاء تتباعد وتتفرق، وتنتشر بالتدريج كالفنارات على حدود الفضاء الفسيح، ولكن جزيرة الكون تبدي كثيرة من الصعاب، فإن مقدار المادة التي تحتويها صغير إذا قورن بالفضاء اللانهائي المنتشرة فيه، لدرجة أن القوانين الديناميكية التي تتحكم في حركة السدم سوف تجعلها تتفرق كما تتفرق قطرات الماء في السحاب، ويصبح الفضاء خاوية تماماً.

وهذه الفكرة التي تقول بالتشتت والاختفاء بدت غريبة وغير مقنعة لأينشتاين، وأساس هذه الصعوبة ترجع في رأي أينشتاين إلى افتراض الإنسان، أن هندسة الكون يجب أن تكون مطابقة لما تمليه عليه حواسه فوق الأرض، وهذا الافتراض طبيعي، ولكنه غير مضمون النتائج، ولنضرب لذلك مثالا، ومثال ذلك إذا افترضنا في ثقة تامة أن أي شعاعين متوازيين من أشعة الضوء لا يتقابلان في الفضاء مهما امتدا، وذلك لأن هندسة إقليدس تقول بأن الخطوط المتوازية لا تتقابل، ونحن نؤكد أيضا أن الخط المستقيم في الفضاء هو أقصر الخطوط بين نقطتين مقارنين ذلك بالخط المستقيم الذي ترسمه على ورقة بيضاء أو على سطح ملعب من ملاعب التنس، ومع ذلك فإن إقليدس لم يبرهن إطلاقاً على أن الخط المستقيم هو أقصر المسافات بين نقطتين، ولكنه بكل بساطة قام «بتعريف» الخط المستقيم على أنه أقصر المسافات بين نقطتين.

وهنا يتساءل أينشتاين أليس من المحتمل أن يخدع الإنسان بحواسه المحدودة الأثر. عندما يصور الكون لنفسه في حدود هندسة إقليدس.

لقد تصور الإنسان في عصر من العصور الأولى للحياة أن الأرض مسطحة، واليوم يراها كروية، ويعلم أن أقصر مسافة بين نقطتين مثل نيويورك ولندن على سطح الكرة الأرضية. ليست خط مستقيما فوق سطح المحيط الأطلنطي، بل إن هذه المسافة هي في الحقيقة دائرة كبيرة تتجه شمالا نحو نوفاسكوسيا ونيوفودالاند وأيسلندا، ومن هذا نستنبط أن هندسة إقليدس لا تصلح عند الكلام عن سطح الأرض، فإذا ما رسمنا مثلثا كبيرا فوق سطح الأرض، قاعدته تصل بين نقطتين على خط الاستواء، ورأسه عند القطب الشمالي، فإن هذا المثلث لا تنطبق علية هندسة إقليدس، التي تقول في إحدى نظرياتها "إن مجموع الزوايا الداخلية في المثلث تبلغ دائما قامتين أو ١٨٠ درجة"، إذ أنها في حالة هذا المثال سوف تبلغ أكثر من ١٨٠ درجة، كما يبين ذلك الشكل الموضح بالرسم.



وإذا رسمنا دائرة كبيرة على سطح الكرة الأرضية، فإننا سوف نجد أن التسمية بين محيط هذه الدائرة وقطرها تقل عن النسبة التقريبية المعروفة، وهذا الخلاف وعدم التطابق مع هندسة إقليدس ناشئ من انحناء الأرض، ولو أن الناس جميعا يعلمون الآن أن سطح الأرض منحن، إلا أن الإنسان لم يكتشف هذه الحقيقة بالابتعاد عن الأرض ورؤيتها عن بعد، بل إن انحناء سطح الأرض يمكن إدراكه على الأرض بكل سهولة باستخدام بعض المعادلات الرياضية نتيجة بعض الحقائق المشاهدة، وبالمثل فإن أينشتاين استطاع باستخدام بعض الحقائق الفلكية أن يستنبط أن الكون ليس لانهائية ولا إقليدياً كما كان يظن معظم العلماء، بل إنه شيء لا يمكن تخيله أو تصوره.

* * *

قد بينا فيما سبق أن هندسة إقليدس، لا تصلح في حالة مجال الجاذبية، فإن أشعة الضوء لا تسير في خطوط مستقيمة، عندما تمر في مجال الجاذبية، لأن هندسة المجال لا تسمح بوجود خطوط مستقيمة داخلها، وأقصر مسار يستطيع الضوء أن يسلكه هو منحنى أو دائرة كبيرة تحددها هندسة تركيب المجال، وحيث إن تركيب مجال الجاذبية يتشكل بتأثير كتلة وسرعة الجسم الجاذب، مثل النجم أو القمر أو الكوكب، فإن ذلك يستتبع أن التركيب الهندسي للكون كمجموعة، يجب أن يتشكل بتأثير مجموعة الأجرام المادية فيه، وكل تركيز مادي في الكون لا بد أن يصحبه تحريف في متصل الفضاء والزمن، وكل جرم سماوي وكل مجرة لابد أن تخلق حولها تحويرات محلية غير منتظمة في الفضاء والزمن، ومثلها في ذلك مثل الدوامات حول الجزر في البحار، وكلما ازداد تركيز المادة كلما زاد انحناء الفضاء والزمن، والنتيجة النهائية الكل هذا أن يكون متصل الفضاء والزمن كله كرويا منحنيا، والتحوير أو الانحراف الكلي الناتج من مجموعة الأجرام المادية في الكون لا بد أن يسبب انحناء المتصل حول نفسه، فيصبح الكون جميعه على شكل كرة مقفلة كبيرة.

ومن ذلك نستنبط أن الكون كما يتصوره أينشتاين محدود، ولا يطابق تصوير إقليدس، والإنسان عندما يقصر نظره إلى الأرض، فإنه يرى أن شعاع الضوء يبدو كأنه يسير في خط مستقيم إلى ما لا نهاية ومثله في ذلك مثل الدودة التي تزحف على سطح الأرض في خط مستقيم، فإنها

تلاحظ أن الأرض تبدو مسطحة ولا نهائية، ولكن تصور الإنسان للأرض بأنها تنطبق على هندسة إقليدس، كتصور الدودة السطح الأرض، إنما يرجع إلى عيوب في الحواس وقصر حدودها، في الكون الذي يراه أينشتاين لا توجد خطوط مستقيمة، بل توجد دوائر كبيرة، والفضاء ولو أنه محدود إلا أنه غير محدد، وعلماء الرياضة يشبهون هندسة الكون كأنه كرة كبيرة، ولكنها ذات أربعة أبعاد، أو كما وصفه عالم الطبيعة الكبير سير چيمس چينس أنه كفقاعة صابون إذ يقول:

"وخير ما نشبه به الكون هو أنه كفقاعة الصابون التي بها تجعدات على سطحها، وذلك في أبسط صورة يمكن أن نستنبطها من نظرية النسبية، والكون في هذه الحالة، ليس داخل الفقاعة، بل إنه سطحها، ويجب أن نتذكر دائما أن سطح الفقاعة ولو أن له بعدين فقط، فإن فقاعة الكون لها أربعة أبعاد، ثلاثة منها للفضاء، والبعد الرابع للزمن، والمادة التي تنفخ منها الفقاعة، مثل رق الصابون، هي الفضاء الرحيب الحاوى، ركب فوق زمان خاو".

والكون كما صوره أينشتاين من أنه كروي محدود لا يمكن التحقق منه بالمشاهدة، كما لا يمكن مشاهدة كثير من التصورات الحديثة للعلماء، فمثلا لا يمكن مشاهدة الإلكترون ولا الفوتون، ولكن خواص الكهرب والفوتون يمكن وصفها رياضيا، وبالمثل فإنه يمكن تقدير حجم الكون باستخدام كل التقديرات التي حصل عليها علماء الفلك، وتطبيقها في معادلات المجال

لأينشتاين، ولا بد من التأكد من مقدار انحناء الكون لتقدير قطره، وحيث إن هندسة أو انحناء الكون، يمكن تقديره بالأجرام المادية الموجودة فيه، فإن المسألة الكونية يمكن حلها بالحصول على الرقم الذي يبين متوسط كثافة المادة في الكون. ومن حسن الحظ أن هذا الرقم يمكن الحصول عليه، إذ أن عالم الفلك أدوين هابل **Edwin Hubble** في مرصد ولسون، قد درس عينات من مساحات السماء لمدة عدة سنوات، واستنبط منها بعد جهود شاقة متوسط المادة الموجودة فيها ووصل إلى النتيجة بأن متوسط كثافة المادة في الكون تبلغ ٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠١ جرام من المادة، في كل سنتيمتر مكعب من الفضاء، وبتطبيق هذا الرقم على معادلة المجال لأينشتاين نستطيع أن نقدر نصف قطر كرة الكون، بأنه يساوي ٣٥ بليون سنة ضوئية أو٢١٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ ميلا.

والكون الذي تخيله أينشتاين ولو أنه محدود – أي غير لانهائى – إلا أنه يتسع لبلايين من السدم، كل سديم منها يحتوى على مئات الملايين من النجوم الملتهبة، وكميات لا تقدر من الغازات المخلخلة، كما أنه يحتوي على مجاميع من الحديد البارد والحجارة وأتربة كونية، وأن شعاع ضوئيا ينطلق في الفضاء بسرعة ١٨٦,٠٠٠ ميلا في الثانية، سوف يسير في دائرة كونية كبيرة ويرجع إلى مكانه الأصلي بعد زمن يزيد قليلا عن ٢٠٠ بليون سنة أرضية.

الكون ظاهرة متجانسة منظمة

وعندما استنبط اينشتاين صورة الكون لم يكن يعلم ظاهرة كونية غريبة لم يفسروها إلا بعد انقضاء عدة سنوات، فقد افترض أن حركات النجوم والسدم غير موجهة، مثلها في ذلك مثل جزيئات الغازات، ولما لم يجد أي دليل على اتحادها في اتجاه حركتها، فقد أهملها إهمالا كليا، واعتبر الكون نفسه ساكنة، ولكن علماء الفلك بدأوا يلاحظون في أقصى ما يدركه المنظار علامات تدل على حركات السدم الخارجية، حركات نظامية. واستدلوا منها على أن جميع السدم الخارجية، أو «الجزر الكونية» تبدو على إنها تتباعد عن مجموعتنا الشمسية، بل إنها تتباعد عن بعضها البعض، وهذا الطيران المنظم الذي تتصف به السدم الخارجية، التي تبعد أقصاها عنا بمدى ٥٠٠ مليون سنة ضوئية، إنما هو عملية تخالف مخالفة تامة ما يحدث في المجاميع التجاذبية القريبة، ومثل هذه الحركة النظامية لابد أن يكون لها تأثير في انحناء مجموعة الكون، وعلى هذا الأساس فإن الكون ليس ساكنة، إنما يتمدد كما تتمدد فقاعة الصابون، أو كما يتمدد البالون، ومع ذلك فإن التشبيه ليس تاما، فإذا ما تصورنا الكون على أنه بالون منقط، حيث نجد فيه النقط ممثلة للمادة، فإن النقط لا بد أن تتمدد أيضا، ولكن هذا لا يمكن أن يحدث، لأنه لا يمكننا أن نشاهد التمدد حينئذ، وذلك مثل قصة البنت أليس في

بلد العجائب، حيث كانت لا تستطيع إدراك التغير في قوامها إذا ما تغير معها كل ما يحيط بها سواء بالتمدد أو الانكماش، وكما قال العالم الفلكي روبر روبرتسون **H.P. Robertso** في المعهد الفني بكاليفورنيا، إننا لو صورنا الكون بصورة بالون منقط يجب علينا أن نتصور النقط غير قابلة للتمدد، كما لو كانت مصنوعة من مادة غير مرنة محاطة فوق السطح، وبذلك فإن الأجسام المادية تحافظ على أبعادها، في حين أن الفضاء يتمدد مثل جلد البالون يتمدد بين النقط التي لا تتمدد».

وهذه الظاهرة الغريبة تزيد في تعقيدات على الكون، فإذا كانت التحليلات الصيفية الدالة على تباعد السدم الخارجية صحيحة كما يعتقد معظم علماء الفلك، فإن السرعات التي تتباعد بها هذه السدم تصل إلى درجة غير معقولة، فإن سرعاتها تبدو كأنها تتزايد مع المسافة، إذ نجد أن السدم القريبة التي تبعد عنا بنحو مائة مليون سنة ضوئية تسير بسرعة ١٠٠ ميل في الثانية، في حين أن السدم البعيدة التي تبعد عنا بمسافة ٢٠٠ مليون سنة ضوئية تطير بتلك السرعة الجنونية بمعدل ٢٥٠٠٠ ميل في الثانية، أي بما يقرب من سرعة الضوء، وحيث إن كل هذه السدم البعيدة تتحرك كلها بدون استثناء متباعدة عنا بل ومتباعدة كذلك بعضها عن الآخر، فإنه يمكننا أن نستنبط أنها في عصر غابر من عصور الزمن، لابد وأنها كانت متجمعة سويا كالعنقود، بدأت في صورة كتلة ملتهبة واحدة، وإذا قلنا إن هندسة الفضاء تتشكل بما تحتويه من مادة،

فلا بد أن الكون في صورته البدائية الأولى، كان على صورة دعامة مزدحمة معقدة تتميز بانحنائها الشديد، ومزدحمة بالمادة المركزة شديدة الكثافة، وقد أثبتت الرياضيات المؤسسة على سرعات السدم المتباعدة على أنها لا بد أن تكون قد انفصلت، وبدأت طيرانها ابتداء من «مركز» هذا الكون المتقلص منذ نحو (٢ بليون) بليونين من السنوات.

* * *

وقد تقدم عدد من علماء الفلك وعلماء الكون بنظريات تشرح لغز الكون المتمدد، وقد وضع العالم البلجيكي «أبي ليتر» **Abbe Lemaitre**، إحدى هذه النظريات التي يقترح فيها أن الكون بدأ ذرة عجيبة بدائية ثم انفجرت فبدأت هذا التمدد الذي لا نزال نشاهد آثاره، وهناك نظرية مشابهة أعلنها حديثة الدكتور جورج جامو **Dr. George Gamow** الأستاذ في جامعة جورج واشنطن. يقول فيها بأن العناصر الأساسية المكونة للكون. قد أدخلت في اللهب المتكثف القلب الكون قبل أن يبدأ تمدده، ويقول جامو إنه في بداية الكون كانت نواته عبارة عن بخار ملتهب أصلى متجانس يغلي في درجة لا يمكن تصورها، تفوق ما هو موجود الآن في قلب النجوم (ودرجة حرارة الشمس – وهى نجم متوسط – تبلغ ٥٥٠٠ درجة مئوية على السطح وتتدرج في الارتفاع حتى تصل إلى ٠٠٠ و٠٠٠ و٠٤٠°م في داخلها) ولم توجد عناصر في مثل هذه الدرجات من الحرارة ولا جزيئات ولا ذرات، لا شيء إطلاق إلا نيوترونات

في حالة هياج شديد، ومع ذلك فعندما بدأت المادة الكونية في التمدد بدأت درجة الحرارة في الانخفاض، وعندما وصلت في الانخفاض إلى درجة بليون فإن النيوترونات قد تكثفت إلى ركامات أو مجموعات، وانطلقت الكهارب حيث تجمعت في ذرات وتكونت بذلك الذرات، ومن ذلك نستنبط أن جميع عناصر الكون قد خلقت في الفضاء في لحظات حرجة قليلة في فجر تاريخ الكون، واستتبع ذلك أن استمرت في دورها من التمدد المدى بليونين من السنين.

وكانت هناك نظرية عن تمدد الكون ظهرت في فترة سابقة لهذه النظريات الأخيرة، وضعها منذ عدة سنوات الدكتور طولان. **Dr. R. C, Talman** الأستاذ في معهد الفنون بكاليفورنيا، وهي تقترح أن تمدد الكون ربما كان حالة مؤقتة تتبعها فترة تقلص في عصر قريب من عناصر الكون، والكون في هذه الحالة كأنه بالون يتأرجح في دورات من التمدد والانكماش تتبع إحداها الأخرى في مدى الأبدية، وهذه الدورات تتحكم فيها تغيرات كمية المادة في الكون، وذلك كما بين أينشتاين من أن انحناء الكون يعتمد على محتوياته، وصعوبة هذه النظرية أنها مؤسسة على افتراض أن المادة تتكون في جهة ما من هذا الكون، ولو أن الواقع أن كمية المادة في الكون تتغير دائما وباستمرار فإن هذا التغيير يبدو كأنه حادث في اتجاه واحد نحو الانحلال، وكل ظواهر الطبيعة مرئية كانت أم غير مرئية، وسواء أكانت داخل الذرة أو خارج الفضاء كلها تدل على أن المادة والطاقة في الكون تنتشر

بشدة كما ينتشر البخاري الفضاء الرحيب، والشمس تحترق في بطء وتأن واتزان، والنجوم ما هي إلا جمرات تتضاءل، وكل حرارة في الكون مصيرها إلى البرودة، وكل مادة مصيرها إلى الإشعاع، وكل طاقة مصيرها إلى الانتشار في الفضاء الرحيب.

فالكون إذن يسير قدما نحو «الموات الحراري» وعندما يصل الكون إلى هذه الحالة بعد عدة بلايين من السنوات تتوقف جميع عمليات الطبيعة، ويصبح الفضاء كله في درجة حرارة واحدة، ولا يمكن الاستفادة من أية طاقة لأنها موزعة جميعاً توزيعاً منتظماً خلال الكون، ولن يوجد ضوء عندئذ ولا حياة ولا دفء ولا شيء إطلاقا إلا ركود دائم ليس فيه نقص ولا إبرام، والزمن نفسه سوف ينتهي لأن توزيع الحرارة يبين اتجاه الزمن، وتوزيع الحرارة يعتبر مقياسا لوجهات الحركة، وعندما تفي كل المجموعات والنظر في الكون وتبلغ الحركات غير الموجهة منتهاها وتوزيع الحرارة لا يمكن زيادته، وكذا عندما لا يكون هناك حوادث مسببة وآثارها، أو بإيجاز عند ما يتجه العالم نحو النهاية فحينئذ لن يكون هناك اتجاه للزمن، بل لن يكون هناك زمان، ولن يكون هناك أي سبيل لملاقاة هذه النهاية أو تفادي هذا المصير، وذلك لأن القانون الثاني من قوانين الحرارة الديناميكية يقول بأن العمليات الأساسية للطبيعة والحياة لا يمكن تبادلها أو عكس اتجاهها، إذ أن الحياة تتحرك في اتجاه واحد.

ومع ذلك فهناك بعض النظريات المعاصرة التي تقول بأن الكون يعيد بناء نفسه في مكان ما بعيد عن إدراك الإنسان، وبحسب نظرية أينشتاين عن مبدأ تكافؤ المادة والطاقة، فإنه يمكننا أن نتخيل أن الإشعاعات المنتشرة في الفضاء تتجمع ثانية وتكون جزيئات المادة من الكترونات وذرات وجزيئات يمكن أن تتحد لتكون وحدات أكبر، وهذه بدورها يمكن أن تتجمع بتأثير التجاذب فتكون مجرات ونجوماً وسدماً، ومن ذلك نرى أن دورة الحياة في الكون يمكن أن تتكرر إلى الأبد، والواقع أن التجارب العملية في المعامل قد بينت أن الفوتونات المشعة ذات الطاقة العالية مثل أشعة جاما، يمكن أن تتفاعل مع المادة لتنتج أزواجا من الالكترونات واليوزيترونات، وحديثة قرر علماء الفلك أيضا أن ذرات العناصر الخفيفة مثل الإيدروجين والهليوم والأكسجين والأزوت والكربون السابحة في الفضاء يمكن أن تتحد في بطء وتكون جزيئات دقيقة للغاية من التراب والغاز، وأحدث من ذلك أن الدكتور فريد هويبل Dr. Fred. L.Whiycle من هارفارد الذي أصدر سنة ١٩٤٨ كتابة أسماه «نظرية تراب السحب» وصف فيه كيف أن التراب الكوني المخلخل الذي يسبح بين أرجاء الفضاء وكتلة كمياته تساوى مجموع الكتل المرئية في الكون، ويمكنها في بلايين السنين أن تتكثف وتتجمع في نجوم.

ويرى هويبل أن هذه الجزيئات الترابية الدقيقة التي يبلغ قطرها جزءا من خمسين ألف جزء من البوصة تنفخ سويا بتأثير الضغط الخفيف

الناتج من أشعة النجوم، مثلها في ذلك مثل أذناب الشهب التي تنحرف بعيدة عن الشمس بتأثير ضغط فوتونات الشمس وعندما تتجمع الجزيئات تتكون مجموعة صغيرة ثم سحابة صغيرة، ثم هذه تصير سحابة وعندما تنمو السحابة وتصل إلى نسبة كبيرة (وذلك عندما يفوق قطرها ست تريليون ميل) فإن كتلتها وكثافتها تكفيان لإثارة وبدء سلسلة جديدة من العمليات الطبيعية، فالجاذبية سوف تجعل السحاب يتقلص وينكمش، وهذا التقلص بدوره سوف يعمل على رفع الضغط الداخلي ودرجة الحرارة، وأخيرا تصل درجة الحرارة في الخطوات الأخيرة إلى الارتفاع حتى تبلغ درجة التوهج واللمعان، وتبتدئ في الإشعاع كأي نجم من النجوم، وهذه النظرية تبين أن مجموعتنا الشمسية قد تكونت بمثل هذه الطريقة تحت ظروف خاصة، والشمس هي النجم المقصود في هذه الحالة والكواكب المختلفة إنما هي نتاجات قد تكثفت من سحب صغيرة جانبية تدور حول السحابة الأساسية.

وإذا افترضنا صحة هذه الحوادث وإمكان وقوعها فإن الإنسان يساق في النهاية إلى تصور الكون كأنه دورى يعيد نفسه مرارا وتكراراً، يجدد دوراته من تكوين وانحلال، ومن نور و ظلام، ومن نظام وفوضى، ومن حرارة وبرودة، ومن تمدد وانكماش في عصور أزلية دائمة لا تنتهي، ومع ذلك فإن هذا التصوير أو أن هذا الرأي لم يجمع العلماء على قبوله، لأنه لا يوجد دليل واضح لتأييده، ولو أن السحب الترابية ذات

الأحجام المختلفة والكثافات المتغيرة يراها الإنسان منتشرة في أرجاء الفضاء، فإنه لا يمكن الجزم بأنها تتحول إلى نجوم، كما أنه لا يمكن الجزم بأن سحابة من سحب الأمطار يمكن أن تتحول إلى صاعقة أو تتفرق شعاعاً، ولكن إذا ابتعدنا عن التخمين في أصل مجموعتنا الشمسية أو أصل النجوم أو أصل الأجرام السماوية في الكون، فإن هناك صعوبات نظرية وعملية تعترض كل اقتراح يقول إن الكون كمجموعة لا يزال في حالة البناء والإنشاء، فلا يمكن وصف الكون بأنه نشيط يعيد بناء نفسه، في حين أنه خامل يفنى، فالأشعة الكونية التي تتساقط من أبعد آفاق الكون على الأرض باستمرار قد اعتقدها العلماء في وقت من الأوقات أنها نتاج عملية خلق ذرى، ولكن هناك أدلة قوية تؤيد الرأي المخالف الذي يقول بأنها نتيجة عملية تلاشي ذري، والواقع أن كل شيء في هذا الكون سواء أكان مشاهدة أو مبنيا على النظريات يتجه نحو الاقتراح القائل بأن الكون يتقدم بكل ثبات نحو الظلام والانحلال.

وهناك رأي فلسفي هام يؤيد هذا الرأي، إذ أنه إذا قلنا إن الكون يتلاشى وأن عمليات الكون تتجه نحو اتجاه واحد،فيتبع ذلك حتما أن كل شيء في الوجود كانت له «بداية» أي أن العمليات الكونية قد بدأت بطريقة خاصة وبكيفية خاصة، ثم التهبت النيران الكونية و بدأت بهجة الحياة تملأ الكون والعلوم وتجاربها التي أجريت في أعماق الذرة وخارج الفضاء تقترح تحديد وقت معين لبدء الخليقة، وذلك لأن علماء الطبيعة

الجيولوجية قد حددوا هذه البداية بأنها منذ نحو بليونين (٢ بليون) من السنوات، وذلك حسبما استنبطوه من طريقة إشعاع مادة اليورانيوم، ومعدل ما تطلقه من طاقة نواته، ومن أن اليورانيوم لم تسبقه أية عملية طبيعية لتكوينه، فاستنبطوا أن جميع اليورانيوم الموجود على الأرض لا بد أنه بدأ منذ وقت محدد، وهذا الوقت حسب أحدث الآراء يبلغ نحو بليونين من السنوات، وهذا الرقم له تأييد آخر من النتائج التي وصل إليها علماء الفلك، وذلك أنهم حسبوا أعمار النجوم بحساب العمليات الحرارية النووية[٣] داخل النجوم والزمن اللازم لتحويل المادة إلى إشعاعات، والرقم الذى وصلوا إليه لتحديد عمر ألمع النجوم يقرب من بليونين من السنوات، وهكذا تتحد رياضيات علماء الطبيعية الجيولوجية وعلماء الطبيعة الفلكية، وتتفق في النتائج مع علماء الكون الذين بنوا حسابهم على السرعة الظاهرية التي تتباعد بها السدم ووجدوا أن الكون قد بدأ يتمدد منذ نحو بليونين من السنوات، وهناك تأييدات أخرى لهذه النتيجة من بحوث فروع أخرى من فروع العلوم، ومن هذا يتضح أن جميع الدلالات التي تبين فناء العالم هي نفسها دلالات على أن للعالم بداية محددة من الزمن، وحتى لو استسلم الانسان لفكرة الكون المتكرر باستمرار تتجدد فيه الأرض والشمس والنجوم الضخمة الحمراء، فإنه مع ذلك لابد أن يقر بأن هذا الكون له بداية في الماضي السحيق، وذلك

---

(٣) وذلك كما يحدث من القنبلة الذرية من تحويل المادة إلى إشعاعات من الحرارة والضوء. «المترجم»

لأنه بينما نجد النظر بين قد برهنوا بالرياضيات – بما لا يدع مجالا لأي شك – عن طريقة تكوين السدم والنجوم والأتربة النجومية والذرات وبمكونات الذرات، فإن كل نظرية تعتمد في أساسها على افتراض وجود شيء في الأصل، سواء أكان هذا الشيء عبارة عن نيوترونات أو كميات من الطاقة – أو بكل بساطة – من مادة غامضة نسميها «مادة الكون» هي روح الكون وأساسه الذي شيد منه ذلك الكون العظيم.

العلم الحقيقي والبحث عن الخفايا

يلجأ علماء الكون إلى الصمت عند بحث منشأ الكون وبدايته، ويتركون ذلك إلى الفلاسفة ورجال الدين، ومع ذلك فإن رجال العلم الحديث الذين يعتقدون في التجربة والاختبار يولون ظهورهم الأكبر مشكلة تحتمل الوصول إلى الحقيقة الطبيعية، وأينشتاين الذي انتقدت فلسفته العلمية ووصفت بأنها فلسفة مادية، قد قال «إن أجمل الأحاسيس وأعمق العواطف هي تلك التي تتعرض لها عند بحث الخفايا، لأنها تؤدي إلى العلم الحقيقي، وكل من ينكر هذه الأحاسيس، ولا يتعرض للدهشة أو للرهبة، فإنه يعتبر في عداد الأموات، والمؤمنون هم الذين يعلمون أن هناك أشياء تخفى على علمهم، وهذا هو غاية الحكمة وأقصى درجات الجمال المشع التي تستطيع حواسنا القاصرة إدراكها».

وقال في مناسبة أخرى «إن الإيمان هو أقوى وأنبل نتائج البحوث العلمية».

ومعظم رجال العلم يميلون إلى تجنب كلمة «الله» عندما يشيرون إلى غوامض الكون وقواه الكبيرة وأصله وتماسكه وانسجامه، ولكن أينشتاين لم يتبع هذه السياسة، رغم أن البعض أسماه «كافر» إذ قال فيما قال «إن ديني يشتمل على الإعجاب المتواضع بتلك الروح العليا غير المحدده والتي تكشف في سرها عن بعض التفصيلات القليلة التي

تستطيع عقولنا المتواضعة إدراكها، وهذا الإيمان القلبي العميق، والاعتقاد بوجود قوة حكيمة عليا نستطيع إدراكها خلال ذلك الكون الغامض يلهمني فكرتي عن الإله».

وفي العلوم الحديثة يوجد في الوقت الحالي نافذتان هامتان، يطل منهما الإنسان، وينفذ إلى أمل معرفة الحقيقة الطبيعية، وأحدهما هو المنظار الكبير الجديد الذي بني حديثا فوق جبل بالمور في كاليفورنيا، فإنه سوف يمتد بأبصار الإنسان إلى أبعد الآفاق في الفضاء والزمن مما لم يحلم به علماء القرن الماضي، فإن أقصى ما وصل إليه مجال النظر بالمنظار إلى الآن بلغ إلى بعد ٥٠٠ مليون سنة ضوئية، ولكن منظار بالومار الذي يبلع قطر مرآته العاكسة مائتي بوصة، سوف يضاعف هذا المدى، ليشاهد الإنسان، ما وراء هذا البعد، ولعله سيكشف كذلك عن محيطات جديدة متجانسة من محيطات الفضاء، وعن مجرات ضخمة جديدة، لعل أضواءها القديمة قد سبحت خلال الفضاء إلى الأرض مدة بليون سنة من السنوات التي نعرفها على الأرض، ولكنه يمكن أن يكشف عن أشياء أخرى مثل تغيرات في كثافة المادة، أو عن دليل حسي لكروية الكون، تساعد الإنسان على تقدير أبعاد الكون الذي نعيش فيه.

والنافذة الأخرى التي تؤدي إلى هذه المعرفة، يمكن أن تفتحها النظرية الجديدة عن المجال الموحد، تلك النظرية التي توج بها أينشتاين جهوده، واليوم فإن الحدود الخارجية لعلم الإنسان تحددها نظرية

النسبية، والحدود الداخلية تحددها النظرية الكمية، إذ أن نظرية النسبية قد حددت آراءنا عن الفضاء والزمن والجاذبية، وكل الحقائق التي لم نستطع رؤيتها لبعدها الشاسع عنا، والنظرية الكمية قد حددت آراءنا عن الذرة والوحدات الأساسية للمادة والطاقة، وكل الحقائق التي تخفي علينا لدقتها المتناهية، ومع ذلك فإن هاتين النظريتين الهامتين قد بنيتا على أساسين مختلفين منفصلين لا صلة بينهما إطلاقا، كأنهما جنسان مختلفان لا يتكلمان لغة واحدة، وهدف نظرية المجال الموحد هو بناء قنطرة تربط ما بين هاتين النظريتين، فإن أينشتاين – تحت تأثير الاعتقاد بانسجام وتوافق الكون – قد ابتدع بناء موحداً للقوانين الطبيعية تتحكم في ظواهر الذرة وظواهر الفضاء الخارجي.

ولا يمكن التنبؤ بمقدار ما يمكن أن تؤديه نظرية المجال الموحد من خدمات، وهل تستطيع أن تكشف الغطاء عن ظواهر أخرى في الكون، أو هل تستطيع أن توضح غوامض بعض المشكلات. هذا ما لا يمكن التنبؤ به الآن، ولكن أهم نتائج هذه النظرية هي أنها توحد قوانين الجاذبية وقوانين الكهربية المغناطيسية في صورة قانون واحد عام، وكما أن نظرية النسبية أرجعت قوانين الجاذبية إلى خاصية هندسية من خواص متصل الفضاء والزمن، فإن نظرية المجال الموحد ترجع القوة الكهربية المغناطيسية وكل القوى العالمية الأخرى إلى قوة واحدة متكافئة، فقد قال أينشتاين بحق.

«إن فكرة وجود بناءين للفضاء منفصلين أحدهما عن الآخر، وهما الجاذبية المترية والقوة الكهربية المغناطيسية لا يمكن أن تتفق مع الروح النظرية».

ومع ذلك فإنه رغم جهود أينشتاين العديدة لم يستطع ضم قوانين مجال الكهربية المغناطيسية إلى النسبية العامة، والآن وبعد مرور حقب زمنية وسنوات وبعد عدة محاولات من المنطق الرياضي يبدو أنه وصل إلى هدفه، وهل يجوز التساؤل عندئذ فيها إذا كانت قوة الكهربية المغناطيسية وقوة الجاذبية من الناحية الطبيعية شيئاً واحدة لا فرق بينهما، وإذا أجبنا على هذا السؤال بالإيجاب فإننا نكون بعيدين عن الدقة كما لو قلنا إن البخار والجليد والماء «شيء واحد» رغم علمنا أنها جميعها مظاهر متنوعة المادة واحدة، ونظرية المجال الموحد تبين أن قوة الكهربية المغناطيسية وقوة الجاذبية ليستا مستقلتين عن بعضهما، بل ولا يمكن فصلهما من وجهة نظر الحقيقة الطبيعية، وبصفة خاصة فإنها تصف قوة الجاذبية وقوة الكهربية المغناطيسية على أساس مشترك من الحقيقة أكثر عمقا، فتردهما إلى مجال أساسي عام، يعتبر قوة الجاذبية أو قوة الكهربية المغناطيسية حالة خاصة مؤقتة من هذا الأساس العام.

وإذا تأيدت نظرية المجال الموحد بتجارب عملية في المستقبل، وإذا أمكن استنباط قوانين الكمية من معادلاتها، فإنه يمكننا عندئذ الاهتداء إلى كشوف جديدة دقيقة عن تركيب المادة وتركيب الجزيئات

الأساسية وميكانيكا الإشعاع وكثير من دخائل الذرة، ومع ذلك فإن هذه جميع سوف تكون نتائج أساسية، لأن أكبر نصر فلسفي نظرية المجال الموحد مستمده من كلمات عنوانها، لأنها تبين اتجاه العلوم الحديثة نحو توحيد آراء الإنسان عن العالم الطبيعي، فقد كانت كشوف العلماء خلال العصور الماضية ونظرياتهم وبحوثهم وتعليلاتهم كلها تنصب في قنوات عميقة متسعة، وكان التقدم الأول في هذا الاتجاه، هو إرجاع جميع أنواع المواد في الحياة إلى ٩٢ عنصراً أساسياً، ثم إن هذه العناصر أرجعت هي الأخرى إلى جزيئات أساسية قليلة، وفي الوقت نفسه فإن «القوى» المختلفة في الحياة كشفت على أنها جميعها ترجع إلى أساس واحد هو القوة المغناطيسية الكهربية، وكل أنواع الإشعاعات المختلفة في الكون مثل الضوء والحرارة والأشعة السينية وموجات اللاسلكي وأشعة جاما، كلها موجات كهرطيسية، أي مغناطيسية كهربية، وتختلف في طول موجتها وفي تردداتها، وأخيرا استقرت مظاهر الكون على كميات أساسية مثل الفضاء والزمن والمادة والطاقة والجاذبية، ولكن أينشتاين قد بين في نظرية النسبية الخاصة تكافؤ المادة والطاقة، وفي نظرية النسبية العامة أوضح عدم انفصال الفضاء عن الزمن في متصل الفضاء والزمن، ونظرية المجال الموحد تبين الآن عملية التوحيد، لأنها تكشف عن أسرار الكون، وتظهره بمظهر مجال أساسي واحد يبدو فيه كل نجم وكل ذرة وكل شهاب متجول وكل سديم دائر وكل إلكترون طائر، كأنها جميعاً عبارة عن تموج أو انتفاخ في اتحاد الفضاء والزمن.

وبذلك يتصف الكون بالبساطة العميقة بدلا من التعقيد السطحي، وتختص كل تفرقة بين قوة الجاذبية وقوة الكهرطيسية، وكذلك بين المادة والطاقة، وبين الشحنة الكهربية والمجال، ثم ما بين الفضاء والزمن، وتتحلل جميعاً إلى متصل الفضاء والزمن الذي نعبر عنه بالكون، وبذلك فإن جميع الصور التي تخيلها الإنسان عن العالم، وكل تأملاته المجردة عن الحقيقة، كلها تتجه في النهاية إلى الوحدة، وتتكشف وحدة الكون لكل ذي عينين، إن نظرية المجال الموحد تمس (الهدف الأسمى لكل العلوم) التي عرفها أينشتاين بأنها «لاستخدام أكبر عدد من الحقائق العملية واستنباط القواعد المنطقية من أقل عدد من الافتراضات والأوليات. إن أهمية التوفيق بين الطرفين، وضرورة توحيد الآراء، والرغبة الملحة في اختراق مختلف مظاهر الحياة ليست هي أساس العلوم الحديثة فحسب، بل إنها أرفع ما يسمو إليه العقل البشري، فإن الفيلسوف والمتصوف ورجل العلوم كلهم كانوا دائي العمل والبحث والفحص لكي يصلوا إلى كشف أسرار الحياة الغامضة، وقد قال أفلاطون منذ أكثر من ثلاثة وعشرين قرن من الزمان: «إن كل محب للمعرفة لا بد أن يجرى وراء سرها. فلن يرتاح إلى تعدد ظواهرها التي هي في الحقيقة ظاهرية فقط».

* * *

ولكن مطلب الإنسان لمعرفة الحقيقة أنه كما كشف الغطاء عن أسرار الكون، وكما أنه وصل إلى النظام من الفوضى وإلى الاتحاد من

الفرقة، وكما أن الآراء المختلفة والقوانين الأساسية تصل في النهاية إلى صورة مبسطة، فإن الصورة النهائية تبتعد عن المعتاد وتزداد غرابتها عن المألوف، وذلك مثل تباعد عظام الجمجمة عن الشكل المعتاد للوجه، وكما أن هندسة الجمجمة تنبئ عن الأنسجة التي تحملها، فإنه ليس هناك أي تشابه بين صورة الشجرة التي تكونها حواسنا وبين تلك التي تقترحها ميكانيكا الموجات، وكذلك شتان ما بين صورة نجم في سماء الصيف الصافية على أساس متصل الأبعاد الأربعة أو على أساس فضاء إقليدس.

وقد اضطرت العلوم إلى تجاوز حدود الحواس للتمييز بين المظهر والجوهر أو بين المشاهد وحقيقته أو لمعرفة أسرار الكون وكشف غطائه. وقد أشار أينشتاين إلى العلوم فقال «إن أهم ما وصلت إليه العلوم من بناء ضخم إنما كان ثمنه في النهاية فراغ المكونات»، فإن الرأي النظري يدعو إلى فراغ البناء لدرجة كبيرة تدعو إلى كل انفصال عن الإحساس العملي، لأن الحياة التي يعرفها الإنسان هي في الواقع تلك الحياة التي يدركها بحواسه، لأنه لو أزال كل أثر من آثار حواسه، ومحا كل ما تختزنه ذاكرته فلن يبني له شيء إطلاقاً، وهذا ما عناه الفيلسوف هيجيل **Hegel** في قوله: "إن الوجود الخالص يعادل لا شيء"، ولا معنى للوجود إذا فضل عما يحيط به، ومن ذلك فإن الدنيا في نظر العلماء والفلاسفة، دنيا الضوء والألوان، دنيا السماء الزرقاء والأشجار الخضراء، دنيا الرياح العاصفة والأمواج المتلاطمة، وتلك الدنيا التي يدركها الإنسان

بحواسه إنما هي الدنيا المحدودة التي تسجنه فيها طبيعته الأساسية، وما يسميه العلماء والفلاسفة دنيا الحقيقة – دنيا الألون ولا صوت، دنيا لا محسوسة ولا ملموسة، دنيا تبدو كأنها جبل من الجليد تحت مستوى نظر الإنسان، هذه الدنيا هي في الحقيقة بناء مكون من الرموز. وهذه الرموز تتغير، فبينما كان علماء الطبيعة في القرن التاسع عشر يرون أن اللون القرمزي للوردة هو من صفاتها الذاتية نتيجة إحساس بجمالها، فإنهم كانوا يعتقدون أن حقيقة هذه الصفة نتيجة اهتزازات الأثير، ولكن علماء العصر الحالي يرون أن هذا اللون نتيجة طول موجة خاصة، ويمكن القول أيضا أنه نتيجة طاقة الفوتونات، ومثل هذه الأقوال المتضاربة أوحت إلى عالم طبيعي كبير أن يسخر فيقول بأنه في أيام الاثنين والأربعاء والجمعة نلجأ إلى النظرية الكمية وفي أيام الثلاثاء والخميس والسبت نلجأ إلى النظرية الموجية، وفي أية حال من الحالين فإن الرأي المتخيل إنما هو مجرد بناء نظرى، و بالاختبار نجد أن آراءنا عن الجاذبية والكهرطيسية والطاقة والتيار وكمية التحرك والذرة والنيوترون كلها آراء نظرية واستعارات رأي الإنسان الاستعانة بها في تصوير حقيقتها، تلك الحقيقة الموضوعية التي رآها كامنة تحت المظاهر السطحية، ومن ذلك نرى أن العلوم قد استعاضت عن الإدراكات الخادعة المشوشة التي تبينها لنا الحواس بإدراكات رمزية ذات نظر مختلفة، ولو أن هذه النظم يمكن تمييزها بالتعبيرات الرياضية الدقيقة فإنه يصعب أن تجد عالم من العلماء يستطيع أن يعلن الحقائق النهائية،

بل على النقيض من ذلك إذ نجد العلماء النظر بين الحديثين مثل نيوتن يعلمون أنهم يقفون فوق مردة أو ارتفاعات شاهقة، وأن ما يشاهدون من مساقط منظورة تبدو منحرفة كما كانوا هم يبدون لأسلافهم.

* * *

وفي صراع الإنسان لكشف الحقائق وفي فهم تعدد مظاهر الطبيعة التي يعيش فيها لعله قد وصل إلى حدود نهائية معينة، في بحوثه عن الذرة لعله وصل إلى الازدواج والتردد والتناقض، بل ولعل العوائق التي تعوقه دون الوصول للحقيقة تنذره بعدم الإمعان والتوغل في الوصول إلى قلب الأشياء حتى لا يغير العمليات التي يجري وراء مشاهدتها، وفي بحوثه عن الكون وصل في النهاية إلى متصل الفضاء والزمن، وتكافؤ الكتلة والطاقة، وتعادل المادة والمجال، ولا يأمل بعد ذلك في أي نجاح، وقد قال أفلاطون: "إن دنيا الرؤية مثل بيت السجن" وكل طريق سلكته العلوم للهروب من هذا السجن يؤدى دائما إلى مسالك غامضة من الرموز والتأملات.

ويبدو أن العلوم سوف تصل إلى أقصى حدود المعرفة، وسوف توفق إلى تصوير كامل متشابه، أي إلى توافق تام بين النظريات والعمليات لدرجة تدعو إلى تفسير كل الظواهر المشاهدة تفسيراً تاماً دون أي نقص. والعلوم في سبيل وصولها إلى هذا الهدف قد وصلت إلى أكبر انتصاراتها الفعلية النشيطة، ولو أن العلوم لا تستطيع أن تعرف حقيقة «طبيعة» الأشياء، إلا أنها قد نجحت في تعريف علاقاتها ووصف حوادثها.

ويقول هوايتهيد Alfred Narth whitehede «إن الحادثة هي اتحاد حقائق الأشياء» ويقصد من وراء ذلك أنه مهما تغيرت النظم النظرية ومهما تغيرت رموزها وخوت محتوياتها، فإن أهم حقائق العلوم والحياة هي الوقائع والحوادث.

وخير ما توضح به هذه الفكرة هو تصور وقوع حادث طبيعى بسيط مثل تلاقي إلكترونين (اثنين إلكترون)، ويمكن وصف هذا الحادث في حدود العلوم الحديثة بأنه تصادم جزيئين دقيقين من المادة، أو وحدتين أساسيتين من الطاقة الكهربية، أي أنه اجتماع مادتين أو تقابل موجتين أو تلاقى دوامتين في متصل الفضاء والزمن، والنظريات لا تستطيع أن تعرف الأساسيات في هذا التصادم، وهذا ما يوحي من طرف بأن الكهارب ليست «حقيقية» بل مجرد رموز نظرية، ومن جهة أخرى فإن التصادم نفسه «حقيقي» والحادث «حقيقي» كأنما حقيقة الدنيا الموضوعية تبقى خافية أو نصف خافية، كأنما ينظر إليها خلال قبة من مادة نصف شفافة كالبلاستيك، والإنسان وهو ينظر خلال سطحها الملبد بالسحب، والذي شوهته وحرفته النظريات المتغيرة لا يستطيع إلا أن يتحسس ويشاهد بكل صعوبة بعض حوادثها والعلاقات الظاهرية بينها.

وأقصى ما يستطيع أن يصل إليه الإنسان من معرفة هو التصور الناتج من هذه العلاقات والحوادث ولا يرى بعد ذلك إلا فراغاً.

وكل ما وصل إليه العلم الحديث هو حقيقة واحدة واضحة، وهي

أنه كلما توصل إلى حل لغز من ألغاز الحياة الطبيعية كلما وجد نفسه أمام لغز آخر من ألغازها العديدة، وكل طرائق الذكاء والفكر، وكل سبل النظريات والتخمينات والتأملات تؤدى بالإنسان في النهاية إلى هاوية لا يستطيع مع كل ذكائه أن يتخطاها، لأن الإنسان مقيد بظروف وجوده وبأحكام بيئته ومعيشته، وكلما تقدم في أفق علمه كلما أدرك الحقيقة التي رآها العالم الطبيعى نيلز بوهر **Niels Bohr** في قوله «إن الناس إما ممثلون أو متفرجون في تمثيلية وجودهم، فالإنسان هو نفسه أكبر أعجوبة غامضة في الحياة، فهو لا يدرك الكون الغامض الذي يعيش فيه، لأنه لا يدرك كنه نفسه، فهو لا يعلم إلا القليل من أمر العمليات العضوية في جسمه، ويعلم الأقل من ذلك في شئون عقله وقدرته على فهم الدنيا التي تحيط به، بل إن قدرته محدودة في التعليل وفي التخيل، بل إنه يكاد يكون عاجزة عن فهم أنبل وأعجب خصائصه، ألا وهي قدرته على السمو بنفسه وإدراك كنهها في عملية التصور والتخيل».

وأكبر عقبة كأداء تعترض الإنسان، هو أنه نفسه جزء لا يتجزأ من الحياة التي يسعى لمعرفة حقيقتها فإن جسمه الذي يعجب له وعقله الذي يفاخر به، هما من عناصر الغموض، والتي تكون تلك السحب الترابية المظلمة التي تملأ فضاء الكون، وهو في النهاية عبارة عن إثبات سريع الزوال للمجال الأساسي، الفضاء والزمن، والإنسان يجد نفسه وسط بين رحابة الكون وبين دقة الذرة، ويجد العوائق المختلفة في كل

اتجاه من هذين الاتجاهين، ولا يسعه إلا أن يعجب بقدرة الخالق الذي خلق كل شيء، وجعلنا نعلم حقائق الأشياء المرئية من الأشياء الخفية.

الفهرس